



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

"APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL
TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE
LA CIUDAD DE JULIACA"

PRESENTADA POR:

Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2018



**UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**"APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL
VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE
JULIACA"**

PRESENTADA POR:

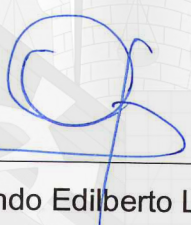
Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE


: Mgtr. Ing. Orlando Edilberto LA TORRE BARRA

PRIMER MIEMBRO


: Dr. Ing. Victor Julio HUAMAN MEZA

SEGUNDO MIEMBRO


: Ing. Franz Joseph BARAHONA PERALES

**NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ****RESOLUCIÓN DECANAL Nº 208-2017-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 24 de julio de 2017.

VISTOS:

El Informe Nº 107-2017-D-EPIC-FICP-UANCV-J, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, el del Presidente del Jurado dictaminador del Trabajo de Tesis, RESOLUCIÓN DECANAL Nº 010-2016-D-FICP-UANCV, y con el acta de calificación de Perfil de tesis de fecha 24 de diciembre de 2015, y el acta de calificación del Borrador de Tesis de fecha 27 de junio de 2017, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el tema titulado: **"APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"**.

CONSIDERANDO:

Que, el(los) Bachiller(es): **QUIROGA CORNEJO, CARLOS**, ha presentado su Trabajo de Tesis Titulado: **"APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"**.

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el presidente de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías, nominó como Jurado a los siguientes Docentes:

- | | | |
|---------------|---|---|
| * Presidente | : | Mgtr. Ing. ORLANDO EDILBERTO LA TORRE BARRA |
| * 1er Miembro | : | Dr. Ing. VICTOR JULIO HUAMAN MEZA |
| * 2do Miembro | : | Ing. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES |

Que, el Jurado Dictaminador ha aprobado en su integridad el Trabajo de Tesis titulado: **"APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"**.

Estando en la opinión favorable por el Presidente de la Comisión de Grados y Títulos, en concordancia al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria 30220, ley de creación de la UANCV 23738 y modificación, Resolución de Institucionalización 1287-92-ANR D.L. 739, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el **TRABAJO DE TESIS**, de el(los) Bachiller(es): **QUIROGA CORNEJO, CARLOS**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **"APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"**.

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Tesis en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**.

ARTICULO SEGUNDO.- La Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional Ingeniería Civil, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. ALFREDO T. ZEGARRA BUTRON
DECANO
CIP: 32590



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Ing. Carlos A. Cáceres Vargas
SECRETARIO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CIP: 72725

C.c.
Interesado
Arch.

ATZB/epl.



DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por estar siempre conmigo por haberme acompañado durante mi estudio de pre grado en Ingeniería Civil.

Dedico este trabajo de Investigación a mis padres Elías Quiroga Gutiérrez y Elvira Cornejo Aquisé por haberme apoyado para seguir adelante por todo esto les agradezco de todo corazón.

A mis hermanos y hermanas Lucila, Jorge Grimaldo, Juan Raúl, María y Reynalda gracias por estar conmigo.

A mi Esposa Norma Gabriela y a mi Hijo Dayro Mijhael, gracias por estar conmigo y por apoyarme siempre para dar por culminado una etapa de mi vida.

Carlos, Quiroga Cornejo



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por estar siempre conmigo por apoyarme en cada momento difícil de mi vida estudiantil, trabajo y en la salud.

Agradezco a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez en especial a los docentes de la carrera profesional de Ingeniería Civil por haberme formado un Profesional.

Agradezco a la Empresa CIEMSA en especial al Ing. Rubino Ramos por haberme apoyado en la ingeniería geomecánica y seguridad.

Agradezco a la Empresa INGECONS S.R.L. por haberme apoyado a involucrarme y desarrollarme en el campo de la Ingeniería civil.

Carlos, Quiroga Cornejo



ÍNDICE

CAPÍTULO I GENERALIDADES

	Pág.
1.1 EL PROBLEMA.	1
1.1.1 EXPOSICIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	2
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.	2
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.	2
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	2
1.3.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.	2
1.3.2 JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.	3
1.3.3 JUSTIFICACIÓN SOCIAL.	3
1.4 OBJETIVOS.	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	4
1.5 HIPOTESIS.	4
1.5.1 HIPOTESIS GENERAL.	4
1.5.2 HIPOTESIS ESPECÍFICOS.	4
1.6 VARIABLES E INDICADORES.	5
1.7 MATRIZ DE CONSISTENCIA.	6

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

	Pág.
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.	7
2.1.1 PRIMER ANTECEDENTE.	7
2.1.2 SEGUNDO ANTECEDENTE.	8
2.2 MARCO TEORICO.	9
2.2.1 DISEÑO GEOMÉTRICO DE TÚNELES.	9
2.2.1.1 CLASIFICACIÓN POR DEMANDA.	10
A. CARRETERAS DE SEGUNDA CLASE.	10
2.2.1.2 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA.	10
A. CURVAS CIRCULARES.	10
B. ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR.	10
C. RADIOS MÍNIMOS.	12



2.2.1.3 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL.....	12
A. PENDIENTE MÍNIMA.....	12
2.2.1.4 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.....	12
A. ANCHO DE LA CALZADA EN TANGENTE	12
B. SOBREENCHO.....	12
C. BOMBEO.....	13
D. GÁLIBO.....	14
E. BERMAS.....	14
2.2.2 GEOLOGIA.....	14
2.2.2.1 GEOLOGIA REGIONAL.....	14
2.2.2.2 GEOLOGIA DE DISEÑO DEL TUNEL VIAL DE LA PROLOGACION DEL JR. SALAVERRY.....	15
2.2.3. GEOMECANICA DE ROCAS.....	17
2.2.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA.....	17
2.2.3.1.1 CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO	17
2.2.3.2 CRITERIO DE ROTURA	17
a. CRITERIO DE ROTURA NO LINEAL DE HOEK & BROWN	18
2.2.3.3 SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN GEOMECAÁNICO.....	19
a. SISTEMA Q.....	19
b. SISTEMA RMR.....	20
c. SISTEMA GSI.....	21
2.2.3.4 SELECCIÓN DE SOSTENIMIENTO DE UN TUNEL SEGÚN BARTON Y BIENIAWSKI.....	22
2.2.3.5 ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE EXCAVACION DE TUNELES.....	23
2.2.4 METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE CARGAS DE DISEÑO.....	25
a. PERRI.....	25
2.2.5 ANÁLISIS NUMÉRICO DEL MACIZO ROCOSO.....	27
2.2.6 TIPOS DE SOPORTE	27
2.2.6.1 EMPERNADO DE ROCA	27
2.2.6.2 MALLA DE ALAMBRE	28
2.2.6.3 CERCHAS RETICULADAS.....	28
a. TIPOS DE CERCHAS RETICULADAS	28
b. SECCIÓN EQUIVALENTE.....	28
2.2.6.4 CONCRETO LANZADO.....	29
a. MÉTODOS DE CONCRETO LANZADO.....	30
b. MEZCLA DE CONCRETO.....	30
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	30

**CAPÍTULO III****DISEÑO DE TÚNEL VIAL Y ANÁLISIS ESTÁTICO**

	Pág.
3.1 METODOLOGÍA.....	36
3.2 DISEÑO GEOMETRICO DEL TUNEL VIAL DE LA PROLONGACION DEL JR. SALAVERRY.....	38
3.2.1 TRAZADO EN PLANTA.....	38
3.2.2 TRAZADO EN PERFIL	40
3.2.3 TRAZADO DE SECCIÓN TRANSVERSAL.....	41
a. ANCHO DE LA CALZADA EN TANGENTE DEL TUNEL VIAL.....	41
b. SOBREANCHO.....	42
c. BOMBEO.....	43
d. GÁLIBO.....	43
e. BERMAS	44
3.3 PERFIL GEOLOGICO DEL DISEÑO DEL TUNEL VIAL.....	44
3.4.1 DEFINICIÓN DE UNIDADES GEOMECHANICAS.....	47
3.4.1 OBTENCION DE DATOS DE IVESTIGACIÓN.....	48
3.4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS DE INVESTIGACION.....	48
3.4.3 CARACTERIZACIÓN.....	48
3.4.4 ZONIFICACION DE UNIDADES GEOMECHANICAS.....	91
3.5 PROPIEDADES GEOMECAÑICAS DEL MACIZO ROCOSO DE LAS UNIDADES GEOMECAÑICAS.....	93
3.5.1 CALCULO DE PROPIEDADES GEOMECAÑICAS DE MACIZO ROCOSO CON ROCLAB.....	93
3.5.2 CRITERIO DE ROTURA NO LINEAL DE HOEK & BROWN EN LAS UNIDADES GEOMECHANICAS.....	99
3.6 ANALISIS DE CUÑAS MAXIMAS Y SOSTENIMIENTO CON EL SOFTWARE UNWEDGE.....	102
3.6.1 INGRESO DE DATOS DE DISEÑO DEL TÚNEL VIAL SOFTWARE UNWEDGE.....	103
3.6.2 INGRESO DE DIRECCIONES DE LAS FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES...	104
3.7 ANÁLISIS NUMÉRICO DEL MACIZO ROCOSO EN LAS UNIDADES GEOMECHANICAS EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL	110
3.7.1 DESPLAZAMIENTO MAXIMO EN EL CLAVE.....	112
3.7.2 RADIO PLASTICO DE LA SECCION EXCAVADA.....	112
a. CALCULO DE MAGNITUD DE CERRAMIENTO.....	113
b. DISEÑO DE SOPORTE.....	115
b.1 SIMULACION DE SOPORTE CON ROCSUPPORT.....	125
b.2 DEFINICION DE PROPIEDADES DE SOPORTE EN PHASE2.....	120



b.2.1 CALCULO DE DIAMETRO DE ACERO.....	120
b.2.2 PROPIEDADES DE ACERO CORRUGADO.....	121
b.2.3 CÁLCULO DE MOMENTO DE INERCIA DE CERCHA RETICULAR.....	121
b.2.4 PROPIEDADES DE CONCRETO LANZADO (SHOTCRETE).....	122
b.3 INTRODUCCIÓN DE DATOS A PHASE2.....	122
b.3.1 DESPLAZAMIENTOS FINALES.....	124
b.3.2 ESFUERZOS PRINCIPALES.....	126
b.3.2 DIAGRAMAS DE CARGA AXIAL, FUERZA CORTANTE Y MOMENTO....	127
3.8 ESTIMACION DE CARGA SOBRE EL SOPORTE PARA EL MODELO EN SAP 2000.....	129

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.0 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	Pág. 134
---	-------------

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.	Pág. 139
RECOMENDACIONES.	140
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	141
ANEXOS.	142
ANEXO N° 01	143
ANEXO N° 02	147
ANEXO N° 03	157
ANEXO N° 04	176

FIGURAS

FIGURA N° 01. SIMBOLOGÍA DE LA CURVA CIRCULAR.....	Pág. 11
FIGURA N° 02. SECCIÓN TÍPICA DE TÚNEL.....	14
FIGURA N° 03. MAPA GEOLÓGICO DE ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....	16
FIGURA N° 04. REPRESENTACIÓN DEL CRITERIO DE ROTURA DE HOEK&BROWN, EN EL ESPACIO DE TENSIONES NORMAL Y TANGENCIAL.....	18
FIGURA N° 05. SECCIÓN DEL TÚNEL CON CUÑA EN EL TECHO.....	23
FIGURA N° 06. RESUMEN DE CAÍDA DE CUÑAS EN TECHO DEL TÚNEL.....	24



FIGURA N° 07. CONFIGURACIÓN DEL ARCO DE TIERRA (TERZAGHI 1946).....	25
FIGURA N° 08. FIJACIÓN DE UN SOLO BLOQUE Y EMPERNADO SISTEMÁTICO.....	27
FIGURA N° 09. CERCHAS RETICULARES DE 3 Y 4 BARRAS.....	28
FIGURA N° 10. SECCIÓN EQUIVALENTE DE CERCHA RETICULAR.....	29
FIGURA N° 11. INSTALACIÓN DE CERCHA RETICULAR EN EL FRENTE DEL TÚNEL.....	29
FIGURA N° 12. APERTURA DE UNA DISCONTINUIDAD.....	31
FIGURA N° 13. ESPACIADO DE UNA DISCONTINUIDAD.....	32
FIGURA N° 14. MASA ROCOSA METEORIZADA.....	32
FIGURA N° 15. PERSISTENCIA DE DISCONTINUIDADES.....	33
FIGURA N° 16. ORIENTACIÓN DE DISCONTINUIDADES.....	34
FIGURA N° 17. GRADO DE ASPEREZA DE DISCONTINUIDADES.....	34
FIGURA N° 18. RELLENO DE DISCONTINUIDADES.....	35
FIGURA N° 19. ELEMENTOS DE CURVA DEL TUNEL.....	39
FIGURA N° 20. FOTO SATELITAL DE TRAZADO DE TÚNEL VIAL EN PLANTA...	40
FIGURA N° 21. TRAZADO EN PERFIL DEL TÚNEL VIAL.....	41
FIGURA N° 22. DISEÑO DE TÚNEL VIAL EN 3D.....	41
FIGURA N° 23. TRAZADO DE SECCIÓN TRANSVERSAL EN CURVA CON PERALTE Y SOBREALCHO.....	43
FIGURA N° 24. TRAZADO DE SECCIÓN TRANSVERSAL EN TANGENTE.....	44
FIGURA N° 25. PERFIL DE GEOLÓGICO LONGITUDINAL DE DISEÑO DE TÚNEL VIAL.....	45
FIGURA N° 26. CONTROL GEOLÓGICO PROYECTADO DE LA EXCAVACIÓN DEL DISEÑO DEL TUNEL VIAL.....	46
FIGURA N° 27. INCLINACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA ROCA ARENISCA CUARZOSA.....	47
FIGURA N° 28. CROQUIS DE FRACTURAS DE ESTACIÓN E01.....	50
FIGURA N° 29. ROSETA DE JUNTAS DE ESTACIÓN E01.....	50
FIGURA N° 30. CROQUIS DE FRACTURAS DE ESTACIÓN E02.....	56
FIGURA N° 31. ROSETA DE JUNTAS DE ESTACIÓN E02.....	56
FIGURA N° 32. CROQUIS DE FRACTURAS DE ESTACIÓN E03.....	62
FIGURA N° 33. ROSETA DE JUNTAS DE ESTACIÓN E03.....	62
FIGURA N° 34. CROQUIS DE FRACTURAS DE ESTACIÓN E04.....	68
FIGURA N° 35. ROSETA DE JUNTAS DE ESTACIÓN E04.....	68
FIGURA N° 36. CROQUIS DE FRACTURAS DE ESTACIÓN E05.....	74
FIGURA N° 37. ROSETA DE JUNTAS DE ESTACIÓN E05.....	74
FIGURA N° 38. CROQUIS DE FRACTURAS DE ESTACIÓN E06.....	80
FIGURA N° 39. ROSETA DE JUNTAS DE ESTACIÓN E06.....	80
FIGURA N° 40. CROQUIS DE FRACTURAS DE ESTACIÓN E07.....	86
FIGURA N° 41. ROSETA DE JUNTAS DE ESTACIÓN E07.....	86



FIGURA N° 42. UNIDADES GEOMECÁNICAS EN PLANTA.....	91
FIGURA N° 43. UNIDADES GEOMECÁNICAS EN PERFIL.....	92
FIGURA N° 44. INGRESANDO EL UCS AL ROCLAB – UG1.....	94
FIGURA N° 45. INGRESANDO EL GSI AL ROCLAB –UG1.....	95
FIGURA N° 46. BUSCANDO CONSTANTE “mi” DE LA ROCA EN ESTUDIO – ARENISCA (SANDSTONE).....	95
FIGURA N° 47. INGRESAMOS EL FACTOR D.....	96
FIGURA N° 48. REPORTE DE PROPIEDADES GEOMECÁNICAS Y CRITERIO DE ROTURA NO LINEAL DE MACIZO ROCOSO – UG1.....	97
FIGURA N° 49. CRITERIO DE ROTURA NO LINEAL DE MACIZO ROCOSO – UG1.	99
FIGURA N° 50. CRITERIO DE ROTURA NO LINEAL DE MACIZO ROCOSO – UG2.	100
FIGURA N° 51. CRITERIO DE ROTURA NO LINEAL DE MACIZO ROCOSO – UG3.	101
FIGURA N° 52. INGRESO DE TÍTULO DEL PROYECTO DE UG1.....	102
FIGURA N° 53. IMPORTACIÓN DE SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TÚNEL CON PERALTE Y SOBREALCHO.....	102
FIGURA N° 54. INGRESO DE DATOS INICIALES DE UG1.....	103
FIGURA N° 55. INGRESO DE DIRECCIONES DE LAS FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES.....	104
FIGURA N° 56. INGRESO DE ANGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN.....	105
FIGURA N° 57. VISTA DE LAS CUÑAS FORMADAS EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL CON AZIMUT DE 10°– UG1 TRAMO 0+030 AL 0+130.....	106
FIGURA N° 58 VISTA DE PLANOS DE LAS CUÑAS FORMADAS EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL CON AZIMUT DE 147° - UG1 TRAMO 0+130 AL 0+270.	107
FIGURA N° 59. VISTA DE LOS PLANOS DE LAS CUÑAS FORMADAS EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL CON AZIMUT DE 147° - UG2 TRAMO 0+270 AL 0+295.....	108
FIGURA N° 60. VISTA DE TODOS LOS PLANOS DE LAS CUÑAS FORMADAS EN TÚNEL CON AZIMUT DE 147° - UG3 TRAMO 0+295 AL 0+306...	109
FIGURA N° 61. INTRODUCCIÓN DE DATOS EN EL SOFTWARE PHASE2, PROG. 0+130 – UG1.....	111
FIGURA N° 62. INTRODUCCIÓN DE DATOS EN EL SOFTWARE PHASE2, PROG. 0+130 – UG1.....	111
FIGURA N° 63. MÁXIMO DESPLAZAMIENTO EN EL TECHO O CLAVE (UMAX = 0.0043 M) A 32.71 M DE PROFUNDIDAD – UG1.....	112
FIGURA N° 64. DEFORMACIÓN MÁXIMA EN LA SECCIÓN EXCAVADA Y RADIO PLÁSTICO (X= FALLA DE CORTE Y O= FALLA DE TENSIÓN) A 32.71 M DE PROFUNDIDAD – UG1.....	113
FIGURA N° 65. INTRODUCCIÓN DE DATOS A ROCSUPPORT.....	116
FIGURA N° 66. INTRODUCCIÓN DE DATOS A ROCSUPPORT.....	116
FIGURA N° 67. RESULTADOS DE ROCSUPPORT.....	117



FIGURA N° 68. MODELO DE CERCHA RETICULAR.....	120
FIGURA N° 69. SECCIÓN TRANSVERSAL DE CERCHA RETICULAR.....	121
FIGURA N° 70. INTRODUCCIÓN DE DATOS A PHASE2.....	123
FIGURA N° 71. ADICIÓN DE SOSTENIMIENTO CERCHA METALICA.....	123
FIGURA N° 72. DESPLAZAMIENTO TOTAL ALREDEDOR DE LA EXCAVACIÓN CON SOPORTE.....	124
FIGURA N° 73. DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL ALREDEDOR DE LA EXCAVACIÓN, CON SOPORTE.....	125
FIGURA N° 74. DESPLAZAMIENTO VERTICAL ALREDEDOR DE LA EXCAVACIÓN, CON SOPORTE.....	125
FIGURA N° 75. ESFUERZO PRINCIPAL MAYOR (σ_1), DEL MACIZO ROCOSO.....	126
FIGURA N° 76. ESFUERZO PRINCIPAL MENOR (σ_3), DEL MACIZO ROCOSO.....	126
FIGURA N° 77. DIAGRAMA DE CARGA AXIAL CON PHASE2.....	128
FIGURA N° 78. DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE CON PHASE2.....	128
FIGURA N° 79. DIAGRAMA DE MOMENTO CON PHASE2.....	129
FIGURA N° 80. DISEÑO DE SECCIÓN DE CONCRETO LANZADO MÁS CERCHA RETICULAR EN 3D.....	131
FIGURA N° 81. ASIGNACIÓN DE CARGA VERTICAL DE 8.42 TON/M.....	131
FIGURA N° 82. DESPLAZAMIENTOS SOBRE EL SOPORTE (M) CON SAP 2000...	132
FIGURA N° 83. DIAGRAMA DE FUERZA AXIAL CON SAP 2000.....	132
FIGURA N° 84. DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE CON SAP 2000.....	133
FIGURA N° 85. DIAGRAMA DE MOMENTO CON SAP 2000.....	133

CUADROS

	Pág.
CUADRO N° 01. ELEMENTOS DE CURVA.....	39
CUADRO N° 02. ELEMENTOS DE CURVA.....	39
CUADRO N° 03. DATOS DE SOBREALCHO.....	42
CUADRO N° 04. MAPEO - DATOS DE CARACTERÍSTICA FÍSICA DEL MACIZO ROCOSO POR CELDA O ESTACIÓN: E01.....	49
CUADRO N° 05. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA RMR DE CELDA O ESTACIÓN: E01.....	51
CUADRO N° 06. CLASIFICACIÓN RMR DE ESTACIÓN E01.....	51
CUADRO N° 07. CARACTERIZACIÓN DE MACIZO ROCOSO – Q (BARTON 2002) – ESTACIÓN: E01.....	52
CUADRO N° 08. CLASIFICACIÓN Q DE ESTACIÓN: E01.....	52
CUADRO N° 09. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO GSI –HOEK DE ESTACIÓN E01.....	53
CUADRO N° 10. CLASIFICACIÓN GSI DE ESTACIÓN E01. – HOEK 2002.....	53
CUADRO N° 11. SELECCIÓN DE SOSTENIMIENTO E01.....	54



CUADRO N° 12. MAPEO - DATOS DE CARACTERÍSTICA FÍSICA DEL MACIZO	
ROCOSO POR CELDA O ESTACIÓN: E02.....	55
CUADRO N° 13. CARACTERIZACIÓN GEOMECAICA RMR DE CELDA O	
ESTACIÓN: E02.....	57
CUADRO N° 14. CLASIFICACIÓN RMR DE ESTACIÓN: E02.....	57
CUADRO N° 15. CARACTERIZACIÓN DE MACIZO ROCOSO – Q (BARTON 2002) –	
ESTACIÓN: E02.....	58
CUADRO N° 16. CLASIFICACIÓN Q DE ESTACIÓN: E02.....	58
CUADRO N° 17. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO GSI –HOEK DE	
ESTACIÓN: E02.....	59
CUADRO N° 18. CLASIFICACIÓN GSI DE ESTACIÓN E02. – HOEK 2002.....	59
CUADRO N° 19. SELECCIÓN DE SOSTENIMIENTO E02.....	60
CUADRO N° 20. MAPEO - DATOS DE CARACTERÍSTICA FÍSICA DEL MACIZO	
ROCOSO POR CELDA O ESTACIÓN: E03.....	61
CUADRO N° 21. CARACTERIZACIÓN GEOMECAICA RMR DE CELDA O	
ESTACIÓN: E03.....	63
CUADRO N° 22. CLASIFICACIÓN RMR DE ESTACIÓN: E03.....	63
CUADRO N° 23. CARACTERIZACIÓN DE MACIZO ROCOSO – Q (BARTON 2002) –	
ESTACIÓN: E03.....	64
CUADRO N° 24. CLASIFICACIÓN Q DE ESTACIÓN: E03.....	64
CUADRO N° 25. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO GSI –HOEK DE	
ESTACIÓN E03.....	65
CUADRO N° 26. CLASIFICACIÓN GSI DE ESTACIÓN E03. – HOEK 2002.....	65
CUADRO N° 27. SELECCIÓN DE SOSTENIMIENTO E03.....	66
CUADRO N° 28. MAPEO - DATOS DE CARACTERÍSTICA FÍSICA DEL MACIZO	
ROCOSO POR CELDA O ESTACIÓN: E04.....	67
CUADRO N° 29. CARACTERIZACIÓN GEOMECAICA RMR DE CELDA O	
ESTACIÓN: E04.....	69
CUADRO N° 30. CLASIFICACIÓN RMR DE ESTACIÓN: E04.....	69
CUADRO N° 31. CARACTERIZACIÓN DE MACIZO ROCOSO – Q(BARTON 2002) –	
ESTACIÓN: E04.....	70
CUADRO N° 32. CLASIFICACIÓN Q DE ESTACIÓN: E04.....	70
CUADRO N° 33. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO GSI –HOEK DE	
ESTACIÓN E04.....	71
CUADRO N° 34. CLASIFICACIÓN GSI DE ESTACIÓN E04. – HOEK 2002.....	71
CUADRO N° 35. SELECCIÓN DE SOSTENIMIENTO E04.....	72
CUADRO N° 36. MAPEO - DATOS DE CARACTERÍSTICA FÍSICA DEL MACIZO	
ROCOSO POR CELDA O ESTACIÓN: E05.....	73
CUADRO N° 37. CARACTERIZACIÓN GEOMECAICA RMR DE CELDA O	
ESTACIÓN N° 05.....	75



CUADRO N° 38. CLASIFICACIÓN RMR DE ESTACIÓN: E05.....	75
CUADRO N° 39. CARACTERIZACIÓN DE MACIZO ROCOSO – Q(BARTON 2002) – ESTACIÓN: E05.....	76
CUADRO N° 40. CLASIFICACIÓN Q DE ESTACIÓN: E05.....	76
CUADRO N° 41. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO GSI –HOEK DE ESTACIÓN E05.....	77
CUADRO N° 42. CLASIFICACIÓN GSI DE ESTACIÓN E05. – HOEK 2002.....	77
CUADRO N° 43. SELECCIÓN DE SOSTENIMIENTO E05.....	78
CUADRO N° 44. MAPEO - DATOS DE CARACTERÍSTICA FÍSICA DEL MACIZO ROCOSO POR CELDA O ESTACIÓN: E06.....	79
CUADRO N° 45. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA RMR DE CELDA O ESTACIÓN N° 06.....	81
CUADRO N° 46. CLASIFICACIÓN RMR DE ESTACIÓN: E06.....	81
CUADRO N° 47. CARACTERIZACIÓN DE MACIZO ROCOSO – Q (BARTON 2002) – ESTACIÓN: E06.....	82
CUADRO N° 48. CLASIFICACIÓN Q DE ESTACIÓN: E06.....	82
CUADRO N° 49. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO GSI –HOEK (2002) DE ESTACIÓN E06.....	83
CUADRO N° 50. CLASIFICACIÓN GSI DE ESTACIÓN E06. – HOEK 2002.....	83
CUADRO N° 51. SELECCIÓN DE SOSTENIMIENTO E06.....	84
CUADRO N° 52. MAPEO - DATOS DE CARACTERÍSTICA FÍSICA DEL MACIZO ROCOSO POR CELDA O ESTACIÓN: E07.....	85
CUADRO N° 53. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA RMR DE CELDA O ESTACIÓN N° 07.....	87
CUADRO N° 54. CLASIFICACIÓN RMR DE ESTACIÓN: E07.....	87
CUADRO N° 55. CARACTERIZACIÓN DE MACIZO ROCOSO – Q(BARTON 2002) – ESTACIÓN: E07.....	88
CUADRO N° 56. CLASIFICACIÓN Q DE ESTACIÓN: E07.....	88
CUADRO N° 57. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO GSI –HOEK (2002) DE ESTACIÓN E07.....	89
CUADRO N° 58. CLASIFICACIÓN GSI DE ESTACIÓN E07. – HOEK 2002.....	89
CUADRO N° 59. SELECCIÓN DE SOSTENIMIENTO E07.....	90
CUADRO N° 60. PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO DE LA UG1.....	98
CUADRO N° 61. PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO DE LA UG2.....	98
CUADRO N° 62. PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO DE LA UG3.....	98
CUADRO N° 63. DATOS INICIALES DE UG1.....	104
CUADRO N° 64. DATOS – PROPIEDADES.....	105



CUADRO N° 65. RESULTADOS DE FACTOR DE SEGURIDAD DE LAS CUÑAS...	110
CUADRO N° 66. RESULTADOS DE ROCSUPPORT.....	118
CUADRO N° 67. PARÁMETROS DE SIMULACIÓN CON CERCHA RETICULAR MÁS CONCRETO LANZADO.....	119
CUADRO N° 68. PARÁMETROS DE SIMULACIÓN CON PERNOS DE ANCLAJE MÁS CONCRETO LANZADO.....	119
CUADRO N° 69. CALCULO DE DIÁMETRO DE ACERO.....	120
CUADRO N° 70. PROPIEDADES DE ACERO.....	121
CUADRO N° 71. CÁLCULO DE MOMENTO DE INERCIA DE CERCHA METALICA...	121
CUADRO N° 72. RESULTADO DE CÁLCULO DE MOMENTO DE INERCIA DE CERCHA METALICA.....	122
CUADRO N° 73. PROPIEDADES DE CONCRETO LANZADO.....	122
CUADRO N° 74. MEMORIA DE CÁLCULO DE CARGA VERTICAL PARA SAP 2000...	130

TABLAS

	Pág.
TABLA N° 01. RADIO MÍNIMO Y PERALTE MÁXIMO PARA DISEÑO DE CARRETERA.....	11
TABLA N° 02. ANCHO MÍNIMO DE CALZADA EN TANGENTE.....	12
TABLA N° 03. DATO BÁSICO DE LOS VEHÍCULOS DE TIPO M UTILIZADOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE CARRETERA.....	13
TABLA N° 04. VALORES DEL BOMBEO DE LA CALZADA.....	13
TABLA N° 05. CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO BASADO EN VALORES DE Q.....	20
TABLA N° 06. SIGNIFICADO DE CLASIFICACIÓN RMR.....	21
TABLA N° 07. SIGNIFICADO DE CATEGORÍA DE SELECCIÓN DE SOSTENIMIENTO DE UN TÚNEL.....	23
TABLA N° 08. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LANZADO.....	30

GRAFICAS

	Pág.
GRAFICA N° 01. GRAFICA PARA LA SELECCIÓN DE SOSTENIMIENTO DE UN TÚNEL A PARTIR DE	



LAS CLASIFICACIONES GEOMECAÑICAS RMR Y Q (MODIFICADO DE BARTON Y BIENIAWSKI (2008).....	22
GRAFICA N° 02.	
ESQUEMA DE COBERTURAS (PERRI, 2000).....	26
GRAFICA N° 03.	
ESTIMACIÓN DE SOSTENIMIENTO SEGÚN BARTON Y BIENIAWSKI (2008) - E01... 54	
GRAFICA N° 04.	
ESTIMACIÓN DE SOSTENIMIENTO SEGÚN BARTON Y BIENIAWSKI (2008) - E02... 60	
GRAFICA N° 05.	
ESTIMACIÓN DE SOSTENIMIENTO SEGÚN BARTON Y BIENIAWSKI (2008) - E03... 66	
GRAFICA N° 06.	
ESTIMACIÓN DE SOSTENIMIENTO SEGÚN BARTON Y BIENIAWSKI (2008) - E04... 72	
GRÁFICA N° 07.	
ESTIMACIÓN DE SOSTENIMIENTO SEGÚN BARTON Y BIENIAWSKI (2008) – E05... 78	
GRÁFICA N° 08.	
ESTIMACIÓN DE SOSTENIMIENTO SEGÚN BARTON Y BIENIAWSKI (2008) – E06... 84	
GRAFICA N° 09.	
ESTIMACIÓN DE SOSTENIMIENTO SEGÚN BARTON Y BIENIAWSKI (2008) – E07... 90	
GRAFICA N° 10.	
CÁLCULO DE CERRAMIENTO DE EXCAVACIÓN (VLACHOPOULOS Y DIEDERICHS).....	114
GRÁFICA N° 11.	
CONVERGENCIA CONFINAMIENTO, PARA LA REDUCCIÓN DEL MODULO PROGRESIVA 0+130 – UG1.....	115
GRÁFICA N° 12.	
DIAGRAMAS DE CAPACIDAD DE SOPORTE DE CERCHA RETICULAR Y CONCRETO LANZADO PARA EL REVESTIMIENTO FINAL REPRESENTADO POR TRES ENVOLVENTES ASOCIADO AL FACTOR DE SEGURIDAD.....	127

ENSAYOS DE LABORATORIO

1. CERTIFICACIÓN DE LABORATORIO DE MECANICA DE ROCAS	Pág.
ENSAYOS DE COMPRESION SIMPLE.....	143
TABLAS DE “Q”, “RMR”, “GSI” Y FACTOR “D”	147

PANEL FOTOGRÁFICO

1. MAPEO GEOMECANICO.....	Pág.
FOTOGRAFÍA 1.	158
FOTOGRAFÍA 2.	159



FOTOGRAFÍA 3.	160
FOTOGRAFÍA 4.	160
FOTOGRAFÍA 5	161
FOTOGRAFÍA 6.	161
FOTOGRAFÍA 7.	162
FOTOGRAFÍA 8	162
FOTOGRAFÍA 9	163
FOTOGRAFÍA 10	163
FOTOGRAFÍA 11.	164
FOTOGRAFÍA 12.	164
FOTOGRAFÍA 13	165
FOTOGRAFÍA 14.	165
FOTOGRAFÍA 15.	166
FOTOGRAFÍA 16.	166
FOTOGRAFÍA 17	167
FOTOGRAFÍA 18.	167
FOTOGRAFÍA 19.	168
FOTOGRAFÍA 20.	168
2. ENSAYOS DE LABORATORIO.	169
FOTOGRAFÍA 21.	170
FOTOGRAFÍA 22.	170
FOTOGRAFÍA 23.	171
FOTOGRAFÍA 24.	171
FOTOGRAFÍA 25.	172
FOTOGRAFÍA 26.	172
FOTOGRAFÍA 27.	173
FOTOGRAFÍA 28.	173
FOTOGRAFÍA 29.	174
FOTOGRAFÍA 30.	174
FOTOGRAFÍA 31.	175
FOTOGRAFÍA 32.	175

PLANOS

	Pág.
PLANOS	176
1. DISEÑO DEL TUNEL VIAL	
2. CONTROL GEOLOGICO Y GEOMECANICO	
3. PHASE2 Y SAP 2000	



RESUMEN

El presente trabajo de investigación surge como aporte a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, en el área de Ingeniería Civil con el objetivo de expandir las técnicas de diseño y análisis estático de tuneles, utilizadas en el desarrollo de obras subterráneas.

En la ciudad de Juliaca debido a sus condiciones naturales para su futuro desarrollo vial requiere de obras subterráneas para evitar congestionamiento vehicular.

La geotecnia es uno de los aspectos importantes en la construcción de túneles, la información geológica es analizada geotécnicamente por ser responsable directa de las mayores dificultades y daños presentados en túneles tanto en rocas y suelos. Los planes de planteamiento y análisis para túneles aplicando criterios: mecánica de rocas, mecánica de suelos e ingeniería sísmica, adquiere significado geotécnico, necesaria para la obra dentro de las limitaciones y riesgo admitido.

El tipo de soporte utilizado en obras subterráneas, se aplica en función del comportamiento de la roca, en la mayoría de estas obras, las deformaciones que atentan con su estabilidad son controladas mediante un conjunto de sostenimiento con refuerzo.

PALABRAS CLAVE: Macizo rocoso, Factor de seguridad, Estabilidad.



ABSTRACT

The present research work comes as a contribution to the Andean University Néstor Cáceres Velásquez in the area of Civil Engineering with the objective of expanding the techniques of static design and analysis of tunnels used in the development of underground works.

In the city of Juliaca due to its natural conditions for its future road development requires underground works to avoid vehicular congestion.

Geotechnics is one of the important aspects in the construction of tunnels, geological information is analyzed geotechnically for being directly responsible for the greatest difficulties and damages presented in tunnels in both rocks and soils. The plans of analysis and analysis for tunnels applying criteria: rock mechanics, soil mechanics and seismic engineering, acquires geotechnical meaning, necessary for the work within the limitations and admitted risk.

The type of support used in underground works, is applied according to the behavior of the rock, in the majority of these works, the deformations that attempt with its stability are controlled by means of a reinforced support set.

KEYWORDS: Rocky mass, Safety factor, Stability.



INTRODUCCIÓN

El área de trabajo de investigación se ubica en el cerro Santa Cruz en el distrito de Juliaca, provincia de San Román, departamento y Región Puno.

Está constituido por calles, el punto de inicio de la progresiva de diseño y análisis estático del túnel inicia en el Jr. Salaverry intersectada por Jr. Calixto Arestegui y el final termina en el Jr. Hipolito Unanue intersectada por Jr. Salvador, el cerro Santa Cruz litológicamente está constituida por rocas areniscas.

De acuerdo a la realidad geográfica y topográfica de la ciudad de Juliaca es importante desarrollar túneles para fines de transporte vehicular, Esta labor es uno de los problemas que se tiene, cuya estructuración no es profundamente conocida; pues sus mayores dificultades están al atravesar por diferentes condiciones geológicas, discontinuidades, etc.

Se hace referencia para el análisis de la excavación se aplica un comportamiento elastoplástico del macizo rocoso, basado en el criterio de ruptura de Hoek –Brown, en este documento, consiste en la elaboración de modelos empíricos y de modelo de elementos finitos para corroborar la estabilidad del túnel, a la hora de utilizar un soporte temporal fabricado con cerchas reticulares en combinación con concreto lanzado.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 EL PROBLEMA.

1.1.1 EXPOSICIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

Las obras subterráneas se deben a un conjunto de circunstancias favorables para su construcción, durante los últimos años en la ciudad de Juliaca se propone la excavación del túnel vial de la prolongación del Jr. Salaverry, con un criterio de diseño se busca el control de las deformaciones y los esfuerzos que genera el macizo rocoso para garantizar la estabilidad del túnel vial desde que se inicia la excavación hasta su culminación y la forma de lograr la estabilidad se hace a través de la combinación del sostenimiento y refuerzo.

Debido al tipo de roca, geología y la litología las cargas volumétricas o presiones verticales y horizontales del macizo rocoso en el cerro Santa Cruz que es el ámbito de investigación conforma rocas sedimentarias con litología denominada areniscas cuarzosas con estratificación sesgada de limolitas y lutitas fosilíferas, estas presiones influyen en el Diseño del túnel vial de la prolongación del Jr. Salaverry de la ciudad de Juliaca.

En terreno rocoso, particularmente en condiciones hidrológicas con filtración de agua en las discontinuidades, Orientación de las discontinuidades no favorables en la construcción del túnel, fallas geológicas y litología de rocas malas, es probable encontrar problemas relacionados con inestabilidades volumétricas ante



la deformabilidad del macizo y matriz rocosa y la nula resistencia al esfuerzo en la estabilización de la roca.

Las deformaciones atentan con su estabilidad, se aplican en función a su comportamiento de la roca

Ante esta problemática se propone la aplicación del análisis estático empleando en el diseño del túnel vial, en los trabajos correspondientes intentando de esta forma buscar una alternativa a la solución al problema.

1.2 FORMULACIÓN DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.2.1 PROBLEMA GENERAL.

¿Cómo incide el macizo rocoso en el diseño del túnel vial con la aplicación del análisis estático en la prolongación del Jr. Salaverry de la ciudad de Juliaca?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

1. ¿Cómo son las características físicas y mecánicas del macizo rocoso en el diseño del túnel vial con la aplicación del análisis estático?
2. ¿Cómo incide en el diseño del túnel vial la estabilidad de la carga volumétrica del macizo rocoso con la aplicación del análisis estático?
3. ¿Cuál es el tipo de soporte definitivo en el diseño del túnel vial con la aplicación del análisis estático?

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

1.3.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.



La aplicación del análisis estático en el diseño del túnel vial en la ingeniería, se práctica, particularmente en las vías terrestres, ha sido una técnica ampliamente utilizada para mejorar el comportamiento de las rocas.

La estabilidad de las rocas ha atendido a diversos requerimientos, tales como la resistencia al corte de las discontinuidades, la deformabilidad del macizo y matriz rocosa o compresibilidad, la estabilidad volumétrica ante las presiones verticales y horizontales también ante las condiciones hidrológicas de presencia de agua en las discontinuidades, entre otros, buscando en todos los casos, un buen comportamiento al esfuerzo y deformación de las rocas y de la estructura rocosa

1.3.2 JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.

La construcción del Túnel vial de la prolongación del Jr. Salaverry de la ciudad de Juliaca ha sido uno de los proyectos más demandados para su construcción desde hace algún tiempo, como respuesta al difícil tránsito vehicular en el centro de la ciudad de Juliaca.

Al realizar un análisis estático en el diseño del túnel vial en diferentes tramos permite comprender los pormenores de la gestión ambiental desde la fase de planeación, caracterización, factibilidad y construcción. Hacer el seguimiento de los principales impactos ambientales donde se involucran los aspectos sociales, culturales, ecosistemas y normativos contemplados en el contexto de la gestión ambiental y fortalece la formación profesional del ingeniero. Las áreas de influencia, contribuirán a una gestión de desarrollo mucho más sustentable en el largo plazo.

1.3.3 JUSTIFICACIÓN SOCIAL.

Un aumento progresivo del crecimiento poblacional en la zona de estudio, requiere la necesidad de mejoramiento de condiciones de vida, transporte y en la seguridad de las viviendas y del medio ambiente. Haciendo uso de los recursos humanos propios de la región de esta manera proporcionar la información requerida para su construcción del túnel vial.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

Analizar la incidencia del macizo rocoso en el diseño del túnel vial con la aplicación del análisis estático en la prolongación del Jr. Salaverry de la ciudad de Juliaca.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Determinar las características físicas y mecánicas del macizo rocoso en el diseño del túnel vial con la aplicación del análisis estático.
2. Determinar la incidencia en el diseño del túnel vial la estabilidad de la carga volumétrica del macizo rocoso con la aplicación del análisis estático.
3. Seleccionar el tipo de soporte definitivo en el diseño del túnel vial con la aplicación del análisis estático.

1.5 HIPÓTESIS.

1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL.

En el diseño del túnel vial el macizo rocoso incide con la aplicación del análisis estático en la prolongación del Jr. Salaverry de la ciudad de Juliaca.

1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.

1. Las características físicas y mecánicas del macizo rocoso en el diseño del túnel son óptimas con la aplicación del análisis estático.
2. En el diseño del túnel vial la estabilidad de la carga volumétrica del macizo rocoso es estable con un factor de seguridad ≥ 1.5 con la aplicación del análisis estático.

3. El tipo de soporte definitivo en el diseño del túnel vial es cercha reticular cubierta con concreto lanzado con la aplicación del análisis estático.

1.6 VARIABLES E INDICADORES.

VARIABLES INDEPENDIENTES : DISEÑO DEL TÚNEL VIAL EN EL
MACIZO ROCOSO.

INDICADORES :

- Geometría del túnel vial.
- Nro. de Familias de Juntas del macizo rocoso.
- Orientaciones de las fisuras del macizo rocoso.
- Espaciamiento de Juntas.
- Rugosidad de la roca.
- Orientación del túnel vial.
- Continuidad del macizo rocoso.
- Aguas subterránea.
- Estado de fisuras.

VARIABLES DEPENDIENTES : ANÁLISIS ESTÁTICO

INDICADORES :

- RQD.
- RMR.
- GSI.
- Q.
- Factor de seguridad (FS).
- Resistencia Uniaxial de la Matriz Rocosa.
- Tipo de soporte.
- Fuerzas axiales en el soporte.
- Momento flector en el soporte.
- Carga volumétrica o presión vertical y horizontal del macizo rocoso.

1.7 MATRIZ DE CONSISTENCIA.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"

AUTOR : Bach. I. C. Carlos QUIROGA CORNEJO.

FECHA : Julio del 2016

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
PROBLEMA GENERAL. ¿Cómo incide el macizo rocoso en el diseño del túnel vial con la aplicación del análisis estático en la prolongación del Jr. Salaverry de la ciudad de Juliaca?	OBJETIVO GENERAL. Analizar la incidencia del macizo rocoso en el diseño del túnel vial con la aplicación del análisis estático en la prolongación del Jr. Salaverry de la ciudad de Juliaca.	HIPÓTESIS GENERAL En el diseño del túnel vial el macizo rocoso incide con la aplicación del análisis estático en la prolongación del Jr. Salaverry de la ciudad de Juliaca.	VARIABLE INDEPENDIENTE:	<ul style="list-style-type: none"> - Geometría del túnel vial. - Nro. de Familias de Juntas del macizo rocoso. - Orientaciones de las fisuras del macizo rocoso. - Espaciamiento de Juntas. - Rugosidad de la roca. - Orientación del túnel vial. - Continuidad del macizo rocoso. - Aguas subterránea. - Estado de fisuras.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS. 1. ¿Cómo son las características físicas y mecánicas del macizo rocoso en el diseño del túnel vial con la aplicación del análisis estático?	OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 1. Determinar las características físicas y mecánicas del macizo rocoso en el diseño del túnel vial con la aplicación del análisis estático.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS. 1. Las características físicas y mecánicas del macizo rocoso en el diseño del túnel vial son óptimas con la aplicación del análisis estático.	DISEÑO DEL TÚNEL VIAL EN EL MACIZO ROCOSO.	<ul style="list-style-type: none"> - RQD. - RMR. - GSI. - Q. - Factor de seguridad (FS). - Resistencia Uniaxial de la Matriz Rocosa. - Tipo de soporte. - Fuerzas axiales en el soporte. - Momento flector en el soporte. - Carga volumétrica o presión vertical y horizontal del macizo rocoso.
2. ¿Cómo incide en el diseño del túnel vial la estabilidad de la carga volumétrica del macizo rocoso con la aplicación del análisis estático?	Determinar la incidencia en el diseño del túnel vial la estabilidad de la carga volumétrica del macizo rocoso con la aplicación del análisis estático.	2. En el diseño del túnel vial la estabilidad de la carga volumétrica del macizo rocoso es estable con un factor de seguridad ≥ 1.5 con la aplicación del análisis estático.	VARIABLES DEPENDIENTE	
3. ¿Cuál es el tipo de soporte definitivo en el diseño del túnel vial con la aplicación del análisis estático?	Seleccionar el tipo de soporte definitivo en el diseño del túnel vial con la aplicación del análisis estático.	3. El tipo de soporte definitivo en el diseño del túnel vial es cercha reticular cubierta con concreto lanzado con la aplicación del análisis estático.	ANÁLISIS ESTÁTICO.	



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

En la actualidad los egresados y bachilleres de la CAP de Ingeniería Civil de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, viene planteando diversos trabajos de investigación referente a la interconexión vial del Jr. Salaverry a Jr. Hipólito Unanue; para el desarrollo de la presente investigación he considerado como antecedente el trabajo cuyas características detallo a continuación:

2.1.1 PRIMER ANTECEDENTE.

1. TEMA:

“TUNEL DE INTERCONEXIÓN VIAL DEL JR. HIPÓLITO UNANUE AL JR. SALAVERRY COMO VIA DE EVITAMIENTO EN LA CIUDAD DE JULIACA”.

2. ENTIDAD :

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ – Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras – Carrera Profesional de Ingeniería Civil - 2001.

3. EJECUTORES :

Miguel Alberto Chacon Hoffmeister

Mary Hortensia Callo Saravia



4. RESUMEN.

Propone aliviar el congestionamiento vehicular en la zona céntrica de la ciudad de Juliaca, propone reconocer la cartografía e importancia de los diferentes rasgos geológicos de la zona de estudio, propone demostrar la aplicación de triangulación existente para obras de desarrollo urbano, propone determinar los métodos básicos para la excavación de túneles.

5. CONCLUSIONES.

- La tesis resume inicialmente la aplicación de los puntos de triangulación existentes dentro de la ciudad de Juliaca en obras de expansión urbana, obras de mejoramiento urbano y demás, aplicando en forma más directa el uso de coordenadas U.T.M. (Universal Transversal Mercator) en proyectos y Obras Civiles.
- En mapeo geológico es muy indispensable y fundamental, el cual debe realizarse por un Ingeniero Geólogo o de rama afín, que tenga especialización en ingeniería de rocas o similar.
- En el área de estudio afloran en su totalidad rocas sedimentarias (Areniscas) las cuales pertenecen al paleozoico (Grupo Ambo)

2.1.2 SEGUNDO ANTECEDENTE.

1. TEMA:

"CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES"

2. ENTIDAD :

Universidad Austral de Chile - Facultad de Ciencias de la Ingeniería - Escuela de Construcción Civil.

3. EJECUTOR :

Pedro Roberto Soto Saavedra

4. RESUMEN.

Se presentan en esta tesis en forma breve la historia de los túneles en Chile y el mundo, los orígenes y el futuro de éstos. Además se detalla cuáles son las funciones y características que diferencian a cada uno de los tipos de túneles, para después continuar con la construcción de estos, los estudios preliminares, métodos de perforación y las operaciones básicas en la construcción.

5. CONCLUSIONES.

- La construcción de túneles ordinarios plantea dos problemas principales: la perforación, es decir, la ejecución de la excavación, y la ejecución del revestimiento.
- En cuanto a la maquinaria, debido a las particularidades de cada proyecto, tales como la geología, diámetro, longitud del túnel.
- El diseño del revestimiento además de tener en cuenta todas las cargas que actuarán sobre el túnel debe contar con la más mínima posibilidad de pérdidas, deberá proporcionar el sostenimiento necesario y la impermeabilización en todos los casos.

2.2 MARCO TEÓRICO.

2.2.1 DISEÑO GEOMÉTRICO DE TÚNELES

El diseño geométrico de túneles, debe cumplir las disposiciones contenidas en el Manual de Túneles, Muros y Obras Complementarias, debiendo tener en consideración lo siguiente:

- El alineamiento de la carretera en el tramo de ubicación del túnel, puede ser curvo.
- El peralte de los túneles localizados en curvas horizontales, debe cumplir con el diseño geométrico especificado en la vía y no debe superar el valor máximo permitido.

- En el diseño: Las condicionantes geológicas y geotécnicas de la zona, la cobertura del túnel, impacto ambiental, aspectos de seguridad, metodología de construcción y otros.

En el presente trabajo de investigación se utilizará el software AutoCAD Civil 3D para diseño geométrico del Túnel Vial de la Prolongación del Jr. Salaverry de la ciudad de Juliaca.

2.2.1.1 CLASIFICACIÓN POR DEMANDA

A. CARRETERAS DE SEGUNDA CLASE

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) entre 2.000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo.

2.2.1.2 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente.

A. CURVAS CIRCULARES

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

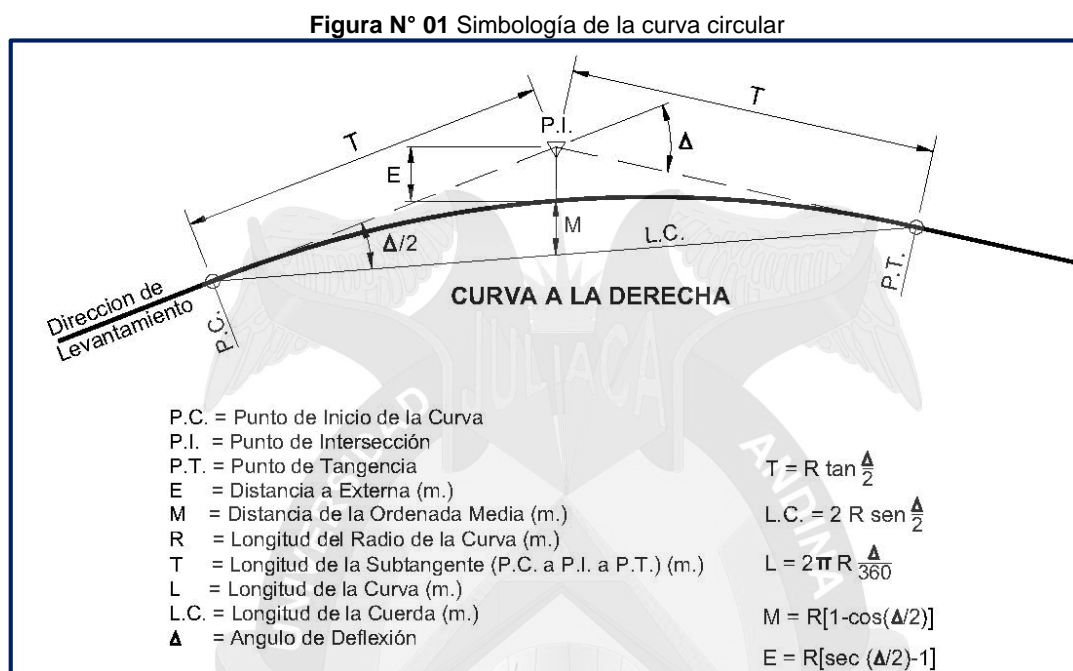
B. ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR

Los elementos de las curvas horizontales circulares se indican a continuación:

p : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)

Sa : Sobreancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m).

En la **Figura N° 01** se ilustran los indicados elementos y nomenclatura de la curva horizontal circular.



Fuente: Curso "Diseño Geométrico de Carreteras" - UANCV

C. RADIOS MÍNIMOS

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad.

El resultado de la aplicación de la fórmula se aprecia en la **Tabla N° 01**.

Tabla N° 01 Radio mínimo y peralte máximo para diseño de carretera

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	p máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	80	4.00	0.14	280.00	280

Fuente: Manual de Carreteras "Diseño Geométrico" DG 2014

Dónde:

Rmín : Radio Mínimo

V : Velocidad de diseño

pmáx : Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

f máx : Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

2.2.1.3 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL

El perfil longitudinal está controlado principalmente por la Topografía, Alineamiento, horizontal, Distancias de visibilidad, Velocidad de proyecto, Seguridad, Costos de Construcción, Categoría del camino, Valores Estéticos y Drenaje.

A. PENDIENTE MÍNIMA

Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0,2%.

2.2.1.4 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

A. ANCHO DE LA CALZADA EN TANGENTE

En la **Tabla N° 02**, se indican los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.

Tabla N° 02. Ancho mínimo de calzada en tangente.

Clasificación	Autopista				Autopista				Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño:																				
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20			6.60	6.60		

Fuente: Manual de Carreteras "Diseño Geométrico" DG 2014

B. SOBREANCHO

El sobreancho variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño y se calculará con la siguiente fórmula:

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

.....Ecuación 01

Dónde:

Sa : Sobreancho (m)

n : Número de carriles

R : Radio (m)

L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)

V : Velocidad de diseño (km/h)

En la **Tabla N° 03** se resumen los datos básicos de los vehículos de diseño.

Tabla N° 03. Dato básico de los vehículos de tipo M
Utilizado para el dimensionamiento de carretera

Tipo de vehículo	Alto Total	Separación ejes
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.1	8.25

Fuente: Manual de Carreteras "Diseño Geométrico" DG 2014

C. BOMBEO

La **Tabla N° 04** especifica los valores de bombeo de la calzada, teniendo en cuenta el tipo de superficies de rodadura y la precipitación pluvial.

Tabla N° 04. Valores del bombeo de la calzada

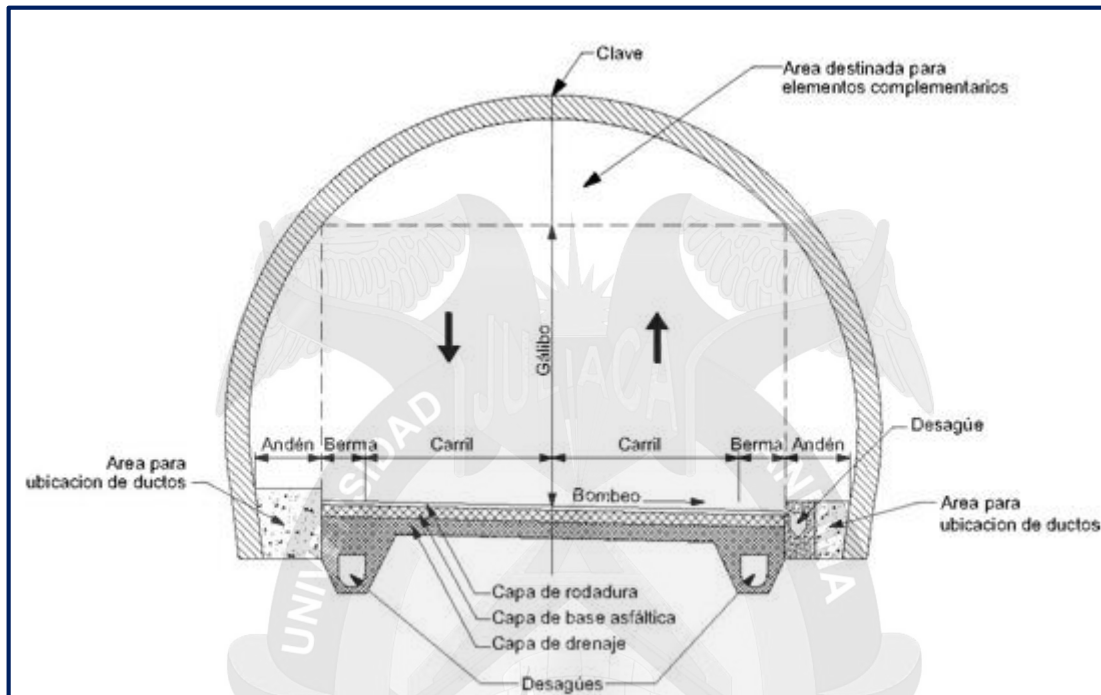
Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2,0	2,5

Fuente: Manual de Carreteras "Diseño Geométrico" DG 2014

D. GÁLIBO

El Gálibo según norma DG 2014 para carreteras es 5,50 m como mínimo, y se observa en la **Figura N° 02**.

Figura N° 02. Sección típica de túnel



Fuente: Manual de Carreteras "Diseño Geométrico" DG 2014

E. BERMAS

En el presente trabajo de investigación no se considera bermas teniendo en cuenta la nota "c" de **Tópico 304.12 de la norma DG 2014** referente al ancho de bermas

2.2.2 GEOLOGIA

2.2.2.1 GEOLOGIA REGIONAL

El sector donde se ubica el cerro santa cruz de la ciudad de Juliaca posee condiciones geológicas debido a la presencia de estructuras de roca.

En la zona de investigación se registra la historia geológica que ha experimentado la región a partir del paleozoico cambriico. Las unidades sedimentarias encontradas corresponden a grupo izcay con simbología Ps-is

Al Oeste de Juliaca y cerca de la Hacienda tariachi, las lavas de este grupo descansan directamente sobre el grupo Ambo con simbología Ci-a. El contacto superior es una discordancia erosional cubierta por la litología Arenisca Angostura – lutita - conglomerado de edad paleozoico carbonífero inferior, al Sur de la zona de investigación este descansa con un contacto litológico de grupo Cabanillas con rocas areniscas y lutitas micáceas en estratos medianos con simbología D-Ca y al Este y Norte de la zona de investigación tiene contacto litológico con depósitos aluviales con gravas de arenas mal seleccionadas en matriz arenosa.

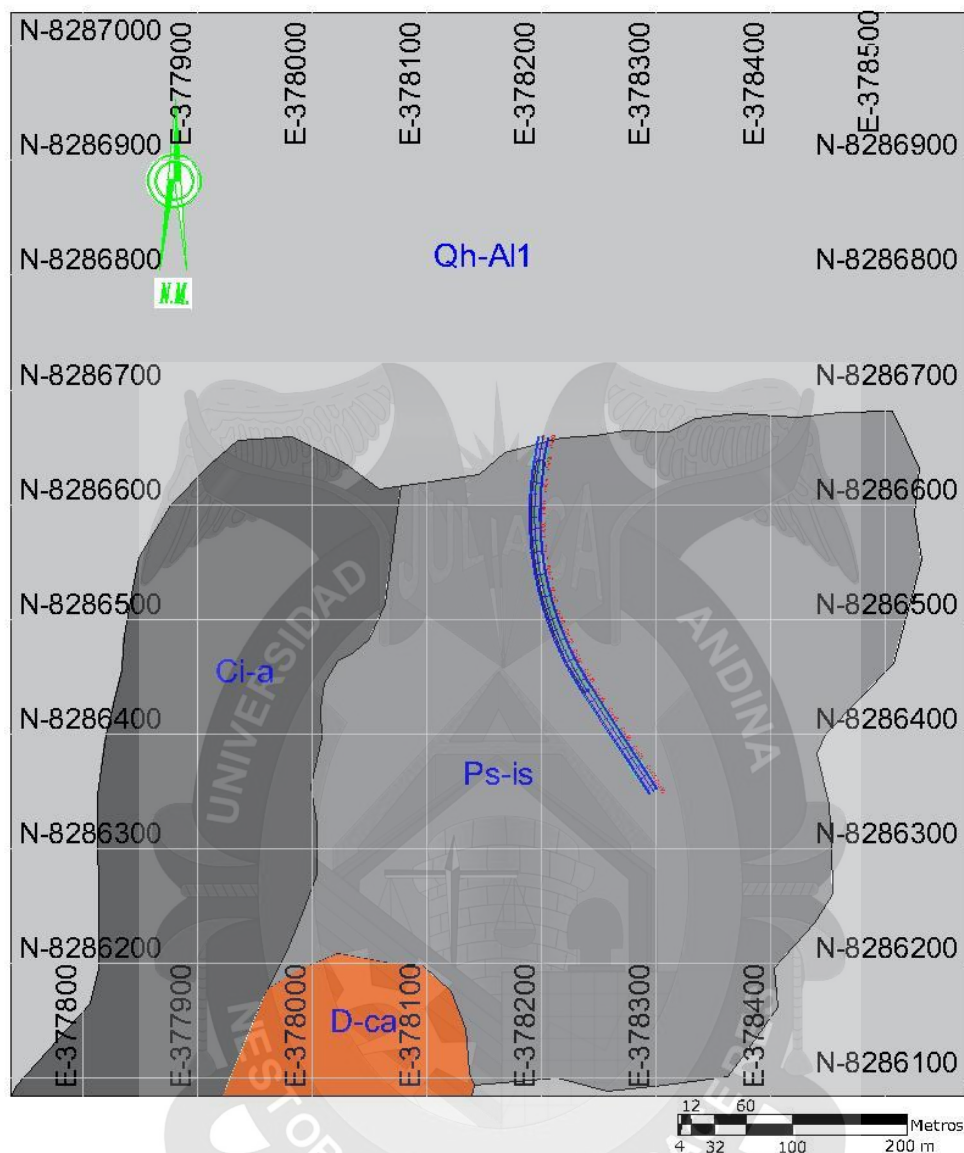
2.2.2.2 GEOLOGIA DE DISEÑO DEL TUNEL VIAL DE LA PROLOGACION DEL JR. SALAVERRY

La litología presente del sitio de investigación del cerro santa cruz corresponde al Grupo izcay conformada por areniscas cuarzosas con estratificación sesgada de limolitas y lutitas fosilíferas, la arenisca cuarzosa tiene una textura grano mediano y es de tipo sedimentario.

En el área de investigación el afloramiento de la arenisca cuarzosa la estructura de la roca presenta un rumbo promedio de $N70^{\circ}W$, con un buzamiento promedio de 31° SW de igual forma tenemos un sistema de diaclasamiento predominante de rumbo $N62^{\circ}E$ y buzamiento de 68° al SE

Se resume los grupos geológicos predominantes en el área principal donde se realiza la investigación además se mencionan propiedades básicas en el diseño, en la **Figura N°03** se muestran el mapa geológico del área de investigación.

Figura N° 03. Mapa Geológico de área de investigación



Leyenda



Trazo Tunnel Vial de la Prolongación
del Jr. Salaverry

Geología Grupo



GP. Izcay



GP. Ambo



GP. Cabanillas



Depositos Aluviales - Gravas, arenas mal seleccionadas en matriz arenosa

Fuente: Propio y INGEMMET

2.2.3. GEOMECANICA DE ROCAS

2.2.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA

La roca difiere de la mayoría de otros materiales utilizados en la ingeniería. Ésta tiene discontinuidades (fracturas) de diferentes tipos, que hacen que su estructura sea discontinua.

2.2.3.1.1 CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO

La investigación del macizo rocoso en el cerro santa cruz se desarrolló mediante el levantamiento de mapeo geomecánico superficial detallado de campo, área de influencia de investigación (en el sitio del cerro santa cruz, Jr. Salaverry y Jr. Hipólito unanue) obteniendo caracterizar y cuantificar estadísticamente las discontinuidades del macizo rocoso en el cual los parámetros a mapear fueron tipo de roca, discontinuidades mayores y menores, alteración entre otros. Los ensayos de deformabilidad en el laboratorio geotécnico se realizaron resistencia a la compresión uniaxial, densidad, peso unitario, entre otros, como complemento para estimar parámetros del macizo rocoso se calculará en el software RocLab que se utilizará en el diseño del Túnel vial, el valor de RQD se obtendrá mediante la ecuación 02.

$$RQD = 100 \times e^{-0.1(\lambda)} (0.1\lambda + 1)$$

.....Ecuación 02

Donde:

λ =Fracturas/ metro lineal.

2.2.3.2 CRITERIO DE ROTURA

El criterio de rotura se define como la superficie límite expresada en coordenadas de tensiones principales $f(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)=0$, de forma que cualquier punto en el que las tensiones principales caigan en esta superficie o fuera de ella, representa la falla.

a. CRITERIO DE ROTURA NO LINEAL DE HOEK & BROWN

Es un criterio experimental que está definido por la ecuación 03:

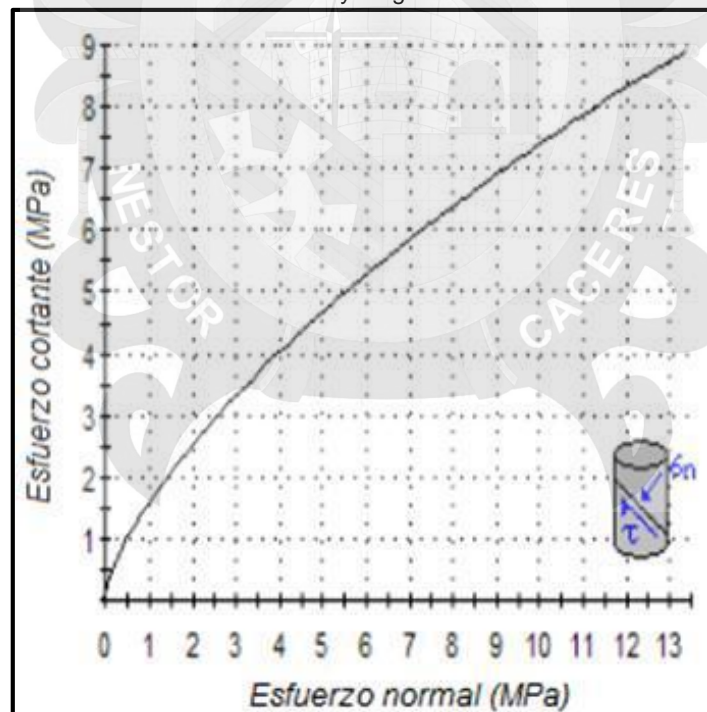
$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{(m\sigma_c * \sigma_3) + (S * \sigma_c^2)} \quad \text{.....Ecuación 03}$$

Dónde:

- σ_1 es la tensión principal mayor en la rotura.
- σ_3 es la tensión principal menor aplicada a la muestra.
- σ_c es la resistencia a compresión simple de la roca.
- m, s, a, son constantes que dependen de la roca y el macizo rocoso.

En la Figura 04 se representa las tensiones de rotura para el criterio de rotura de Hoek&Brown.

Figura N° 04. Representación del criterio de rotura de Hoek&Brown, en el espacio de tensiones Normal y tangencial.



Fuente: Internet

La resistencia a la compresión simple de la roca se determina en el laboratorio. La resistencia del macizo rocoso se obtiene en el software RocLab para túneles sustituyendo el GSI, D (factor de alteración), mi (constante según tipo de roca y textura), Peso Unitario y profundidad del túnel.

2.2.3.3 SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICO

Para el estudio del análisis estático en el diseño del túnel vial se utilizaron varios métodos de clasificación geomecánica: el **Sistema Q** propuesto por Barton en 1974, el **RMR** (Rock Mass Rating) propuesto por Bienawski en 1989, y el **GSI** (Geological Strength Index) de Hoek en 1994.

a. SISTEMA Q

El valor Q es calculado con base a seis parámetros de la masa de roca, determinados durante un mapeo geológico. El valor de Q da una buena descripción de la estabilidad de un macizo rocoso. La forma para calcularlo es la siguiente:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

..... Ecuación 04

Dónde:

Q= índice de calidad de túneles

RQD= índice de calidad de roca

Jn= familia de discontinuidades

Jr= rugosidad

Ja= alteración

Jw= factor de reducción por agua

SRF= factor de reducción por esfuerzo

Tabla N° 05. Clasificación del macizo rocoso basado en valores de Q.

Q	Grupo	Clasificación
0.001 - 0.01	3	Excepcionalmente mala
0.01 - 0.1		Extremadamente mala
0.1 - 1	2	Muy mala
1 - 4		Mala
4 - 10		Regular
10 - 40	1	Buena
40 - 100		Muy Buena
100 - 400		Extremadamente buena
400 - 1000		Excepcionalmente buena

Fuente: Curso de Mecánica de Rocas UANCV

b. SISTEMA RMR

Los parámetros para cada unidad son:

1. Resistencia a la compresión uniaxial del material de roca intacta.
2. Designación de la calidad de roca (RQD)
3. Espaciamiento de las discontinuidades
4. Condición de juntas
5. Condición del agua subterránea
6. Orientación de las juntas

$$\text{RMR} = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6) \dots \dots \dots \text{Ecuación 05}$$

Tabla N° 06. Significado de Clasificación RMR

Rango RMR	Descripción del macizo rocoso	Clase
81-100	Muy bueno	I
61-80	Bueno	II
41-60	Medio	III
21-40	Malo	IV
0-20	Muy malo	V

Fuente: Curso de Mecánica de Rocas - UANCV

Además, el RMR permite la obtención de la cohesión y el ángulo de fricción, parámetros resistentes del criterio de Mohr Coulomb. En las Tablas del anexo, de acuerdo a su valuación se obtiene el valor de RMR, según la ecuación 05 también las siguientes ecuaciones se muestran las relaciones entre el RMR y los parámetros resistentes.

$$c = 5 RMR (kPa)$$

..... Ecuación 06

$$\phi = 5 + \frac{RMR}{2} (deg)$$

..... Ecuación 07

c. SISTEMA GSI

El GSI (Índice de resistencia geológica) se considera una relación empírica, ya que para determinar sus parámetros se basa en descripciones de la calidad del macizo, a partir de observaciones geológicas de campo. Hoek et al; (1995) lo presenta como un complemento a su criterio generalizado de falla en roca, y como una forma de calcular los parámetros "s" y "mb", utilizados para el cálculo de la resistencia en el criterio, se observan en el anexo:

Estructura de la masa rocosa:

- Masiva o Levemente Fracturada (LF)
- Moderadamente Fracturada (F)
- Muy Fracturada (MF)
- Intensamente Fracturada (IF)
- Triturada o brechada (T)

Condición superficial de la masa rocosa:

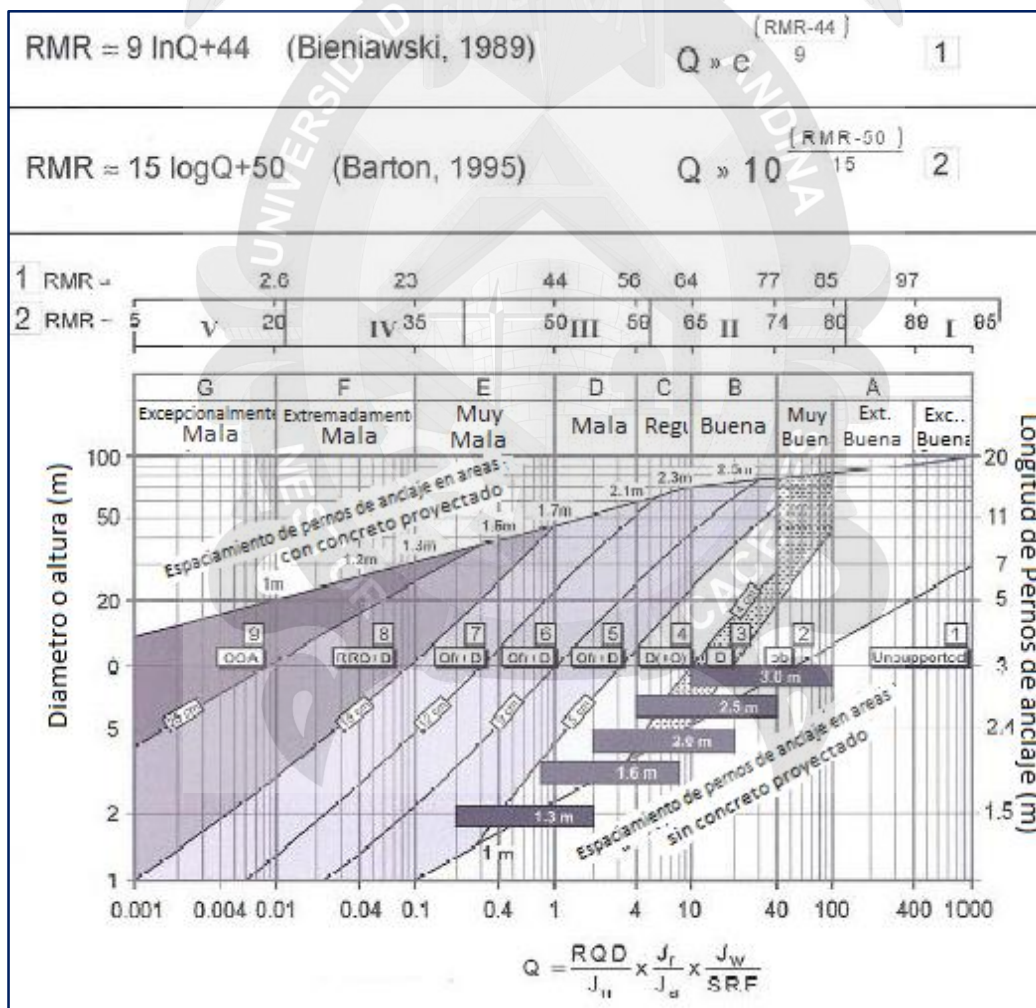
- Masa rocosa Muy Buena (MB)
- Masa rocosa Buena (B)
- Masa rocosa Regular (R)

- Masa rocosa Mala (M)
- Masa rocosa Muy Mala (MM)

2.2.3.4 SELECCIÓN DE SOSTENIMIENTO DE UN TUNEL SEGÚN BARTON Y BIENIAWSKI

Para estimar las necesidades preliminares de sostenimiento se aplica las dos relaciones "Q" y "Diámetro o altura", se relaciona en la Grafica N° 01 para su aplicación.

Grafica N° 01 Grafica para la selección de sostenimiento de un túnel a partir de las clasificaciones geomecánicas RMR Y Q (Modificado de Barton y Bieniawski (2008))



Fuente: Internet.

Tabla N° 07. Significado de categoría de selección de sostenimiento de un túnel

Categoría	Sostenimiento
1	Sin Sostenimiento
2	Pernos de anclaje aislado
3	Pernos de anclaje sistemático
4	Pernos de Anclaje más Concreto proyectado, 4 a 5 cm. de espesor
5	Pernos de Anclaje más Concreto proyectado con fibra, 5 a 9 cm. de espesor
6	Pernos de Anclaje más Concreto proyectado con fibra, 9 a 12 cm. de espesor
7	Pernos de Anclaje más Concreto proyectado con fibra y malla metálica, 12 a 15 cm. de espesor
8	Pernos de Anclaje más Concreto Proyectado con fibra, 15 a 25 cm. de espesor y cerchas o cuadros metálicos
9	Concreto en masa más acero (encofrado), >25cm de espesor

Fuente: internet y traducción en español

2.2.3.5 ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE EXCAVACION DE TUNELES

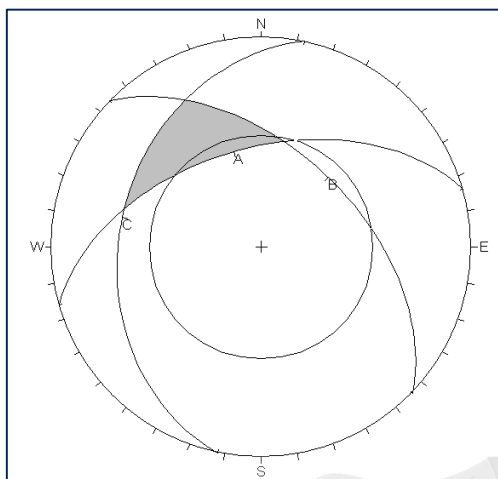
En la presente investigación las cuñas y los polos se determinan con el software UNWEDGE y DIPS que son paquetes de Rocscience, en la figura N°06 se observa la descripción de cuñas mediante proyección estereográfica, en la figura 05 se muestra típica cuña en el techo del túnel.

Figura N°05. Sección del túnel con cuña en el techo

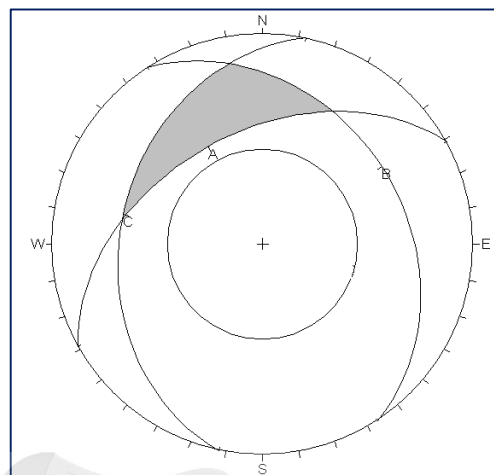


Fuente: Curso de Mecánica de Rocas – UANCV

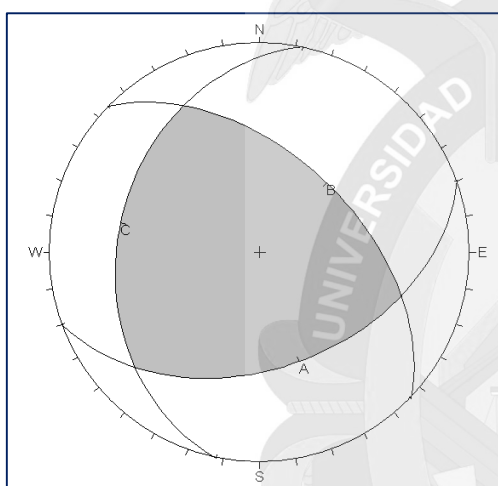
Figura N° 06. Resumen de caída de cuñas en techo del túnel



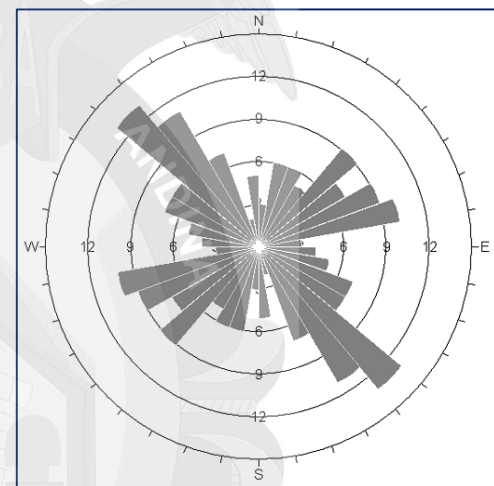
a) Caída por deslizamiento



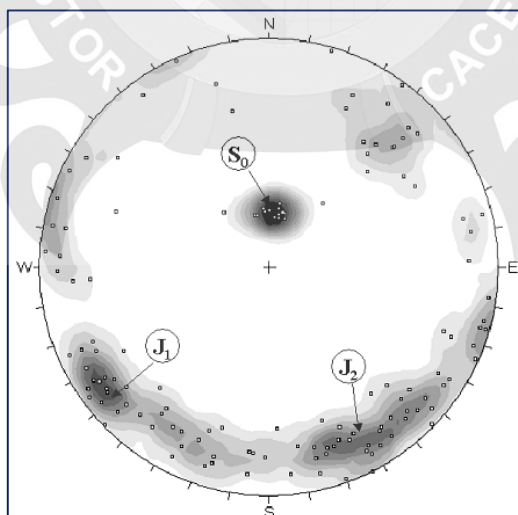
b) No cae



c) Caída libre



d) Roseta de Juntas



e) Representación de polos de discontinuidades

Fuente: Curso de Mecánica de Rocas – UANCV

2.2.4 METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE CARGAS DE DISEÑO

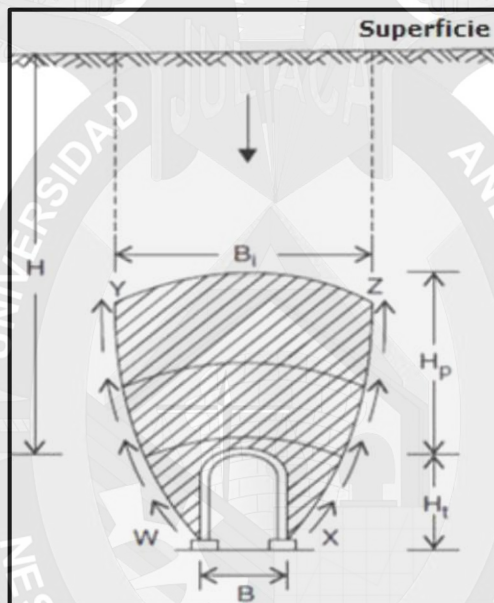
Según Terzaghi (1946) clasifica el terreno orientado a la construcción de túneles, establece el método para calcular las cargas actuantes sobre la estructura de soporte de la excavación, se observa en la figura N° 07.

La carga vertical en la roca se determina a partir de la ecuación:

$$P_v = \gamma H_p$$

.....Ecuación 08

Figura N° 07. Configuración del arco de tierra (Terzaghi 1946)



Fuente: Curso de Mecánica de Rocas – UANCV

a. PERRI

Según Perri para la determinar las cargas del terreno es necesario determinar si el túnel posee coberturas bajas, intermedias o altas, los valores correspondientes a las dos coberturas límites se pueden estimar con las siguientes relaciones:

$$H_i = b \left(\frac{50}{GSI} \right)$$

.....Ecuación 09

$$H_s = b \left(\frac{GSI}{5} \right) \dots\dots\dots \text{Ecuación 10}$$

$$\alpha = 1244 \cdot m_i^{-1,4330} \cdot GSI^{(0,0004 \cdot m_i^2 - 0,0046 \cdot m_i - 1,2344)} \dots\dots\dots \text{Ecuación 11}$$

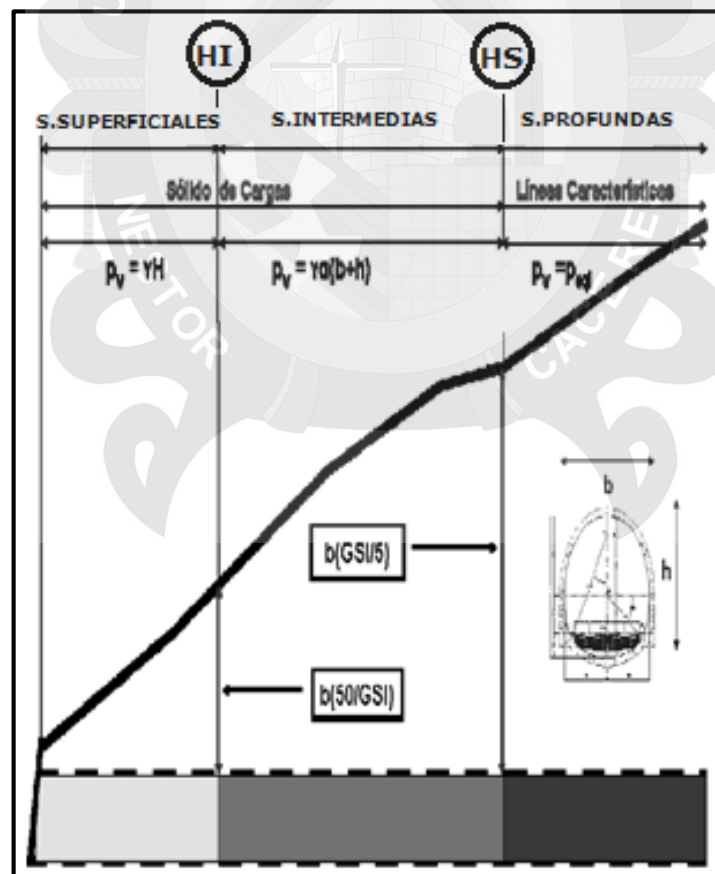
Los valores de presión vertical y horizontal sobre el revestimiento obedecen a las expresiones:

$$CV = \gamma \cdot \alpha(b + h) \dots\dots\dots \text{Ecuación 12}$$

$$CH = K_0 \cdot P_v \dots\dots\dots \text{Ecuación 13}$$

Donde $K_0 = 0,20$ a $0,30$.

Grafica N° 02. Esquema de coberturas (Perri, 2000)



Fuente. Internet

2.2.5 ANÁLISIS NUMÉRICO DEL MACIZO ROCOSO

El modelo numérico para el análisis de estabilidad de un macizo rocoso, nace con la observación de las discontinuidades en cuanto a la deformabilidad y resistencia de las rocas.

Para este trabajo, el modelo de elementos finitos de la masa de roca que rodea el túnel, se utilizó el programa Phase 2 (versión 7.0), el cual es un programa capaz de generar la malla de elementos, tomando en cuenta los aspectos geológicos – geotécnicos y el perfil de cada excavación.

2.2.6 TIPOS DE SOPORTE

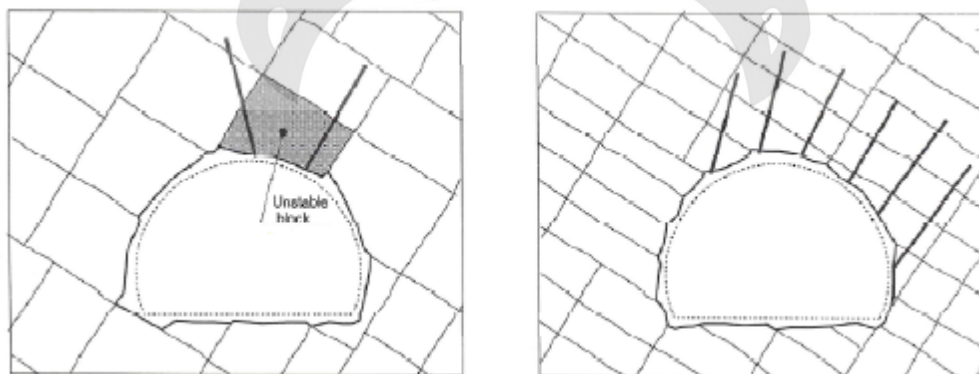
El sostenimiento o soporte en la roca es utilizado para mejorar la estabilidad de apertura subterránea.

Pernos de anclaje, hormigón proyectado, arcos de acero, cerchas reticulares son de los principales sostenimientos utilizados en túneles alrededor del mundo, a continuación se describen en este trabajo.

2.2.6.1 EMPERNADO DE ROCA

El empernado es un método flexible y de uso general en el sostenimiento de roca y se observa en la Figura N° 08.

Figura N° 08. Fijación de un solo bloque y empernado sistemático



Fuente: internet

2.2.6.2 MALLA DE ALAMBRE

Se utiliza en combinación con el concreto lanzado, principalmente donde el refuerzo con fibras no es suficiente, la instalación de la malla consume un poco más de tiempo.

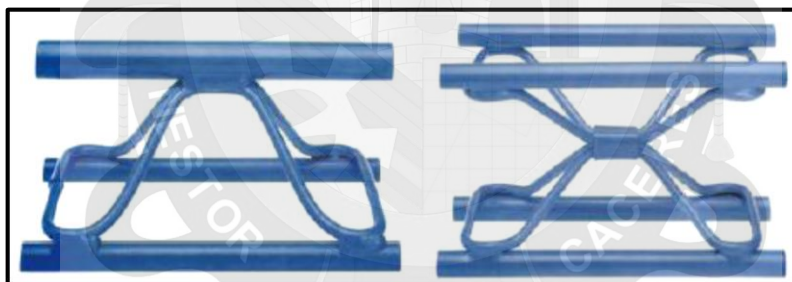
2.2.6.3 CERCHAS RETICULADAS

Su nombre en inglés Latticegirders, o también llamadas vigas de celosías se ha utilizado para el soporte en túneles desde finales de 1970. El producto final es una barra de revestimiento de hormigón proyectado reforzado.

a. TIPOS DE CERCHAS RETICULADAS

Existen dos tipos que son los más utilizados, de tres acordes y cuatro acordes (cantidad de varillas longitudinales que la conforman) se muestran en la figura 09. Cerchas reticulares de 3 y 4 barras.

Figura N° 09. Cerchas reticulares de 3 y 4 barras

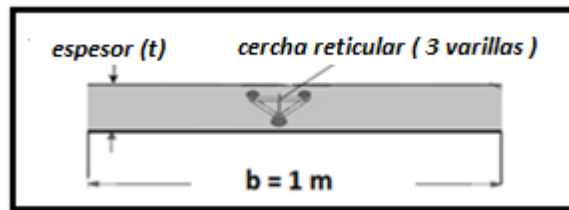


Fuente: Internet

b. SECCIÓN EQUIVALENTE

El uso de la cercha reticular en conjunto con el concreto lanzado aporta una mayor rigidez como conjunto, disminuye sensiblemente el espesor de hormigón proyectado, y por lo tanto el costo total del sostenimiento.

Figura N° 10. Sección equivalente de la cercha reticular



Fuente: Internet.

Figura N° 11. Instalación de cercha reticular en el frente del túnel



Fuente: Internet

2.2.6.4 CONCRETO LANZADO

Este tipo de soporte se obtiene con el rociado del concreto sobre la roca, el cual se aplica sobre una superficie limpia y rugosa

De acuerdo con ACI 506 R, el concreto lanzado “es un mortero o concreto lanzado neumáticamente a gran velocidad contra una superficie”.

a. MÉTODOS DE CONCRETO LANZADO

Se puede clasificar en dos métodos para la colocación: vía seca y vía húmeda; ambos procedimientos se distinguen por el método de elaboración de la mezcla y por el equipo mecánico utilizado en la aplicación.

b. MEZCLA DE CONCRETO

La dosificación varía de acuerdo con las propiedades que se requieren, además esta debe ser la adecuada para cada material, ya que cada uno cumple con una finalidad específica.

Tabla N° 08. Parámetros para el diseño de mezcla de concreto lanzado

CUADRO 5. CONSIDERACIONES GENERALES DE PARAMETROS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LANZADO	
MATERIALES	PROPORCIONES POR MASA
Cemento Portland (tipo I,II,III)	16-20%
Microsilice	13-25%
Agregados (Grava y arena)	75-80%
Acelerante (opcional)	Si se requiere
Reductor de agua de alto rango	Par obtener adecuada trabajabilidad (V.H)
Inclisor de aire	Si se requiere
Fibras sintéticas (opcional)	7-12 kg/m ³
Fibras metálicas (opcional)	35-60 kg/m ³

Fuente: Manual de Concreto lanzado T.F Ryan, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

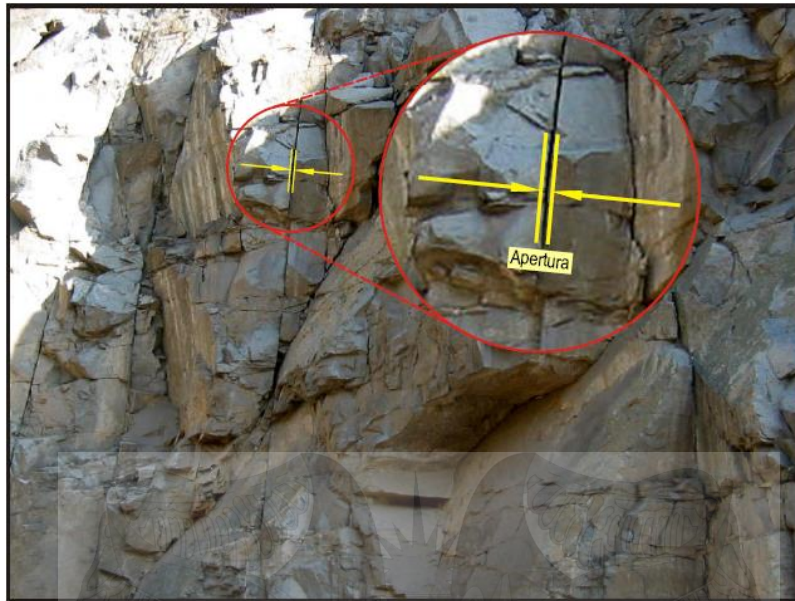
a) Alteración.

La alteración de la roca o más propiamente dicha, alteración hidrotermal, se produce por la ascensión de fluidos o gases magmáticos a altas temperaturas a través de fracturas o zonas de falla.

b) Apertura.

Es la separación entre las paredes rocosas de una discontinuidad o el grado de abierto que ésta presenta. A menor apertura, las condiciones de la masa rocosa serán mejores y a mayor apertura, las condiciones serán más desfavorables.

Figura N° 12 Apertura de una discontinuidad



Fuente: Curso de Mecánica de Rocas – UANCV

c) Brújula.

Instrumento que sirve para medir el rumbo y azimuth y el buzamiento de las estructuras geológicas.

d) Buzamiento.

(Dip), término usado para indicar el ángulo de inclinación de las rocas estratificadas o de estructuras geológicas.

e) Estructura.

Esta referido a la disposición, arreglo y cohesión de los materiales constituyentes de un determinado cuerpo rocoso.

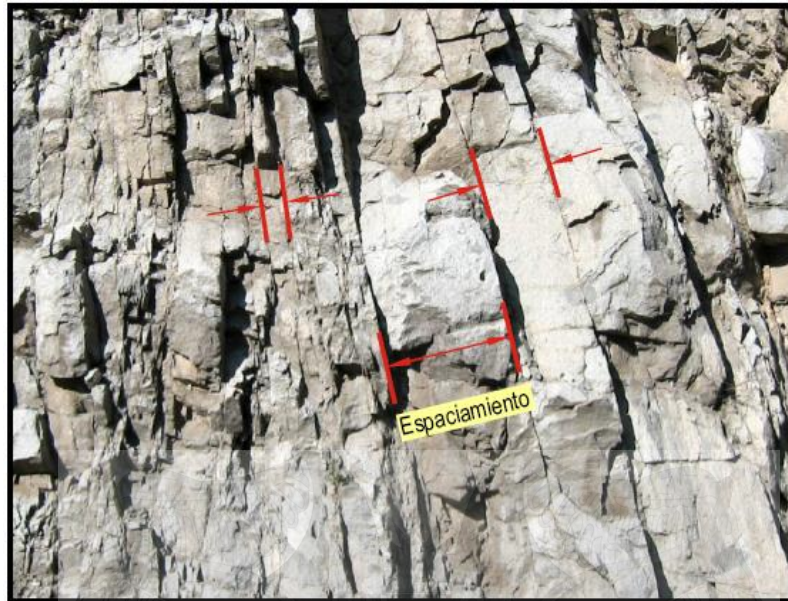
f) Esfuerzo.

Fuerza aplicada sobre un área y/o superficie que tiende a cero.

g) Espaciado

Es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes. Éste determina el tamaño de los bloques de roca intacta. Cuanto menos espaciado tengan, los bloques serán más pequeños y cuanto más espaciado tengan, los bloques serán más grandes.

Figura N° 13 Espaciado de una discontinuidad.



Fuente: Curso de Mecánica de Rocas – UANCV

h) Meteorización

Denominada también intemperización, está relacionada con la modificación que sufre la superficie de la roca o en sus proximidades, debido a la acción de agentes atmosféricos. El grado de la meteorización dependerá de las condiciones climatológicas, morfológicas y la composición de la masa rocosa. La meteorización se divide en meteorización física, química y biológica.

Figura N° 14 Masa rocosa meteorizada.



Fuente: Curso de Mecánica de Rocas – UANCV

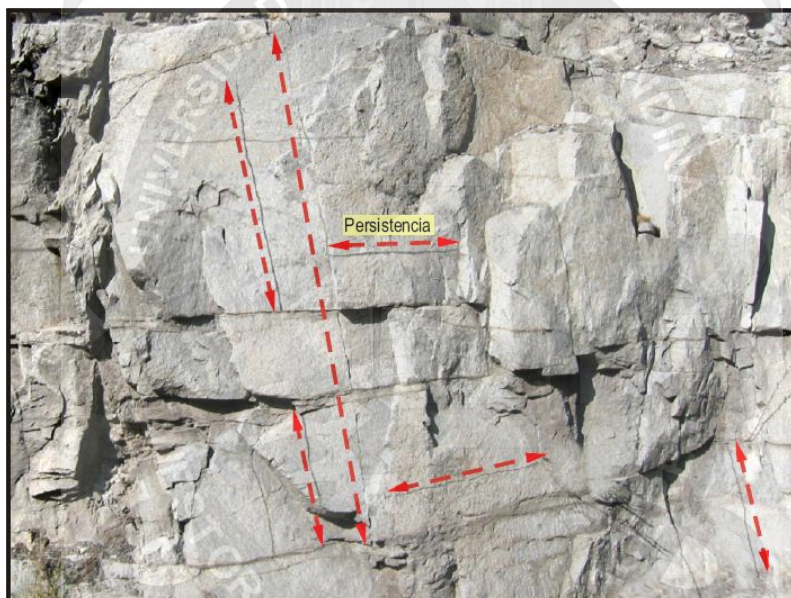
i) Muestra.

Pedazo de roca o mineral, de un tamaño y peso adecuado que pueda servir de elemento del cual se pueda obtener toda la información necesaria para realizar un estudio propuesto.

j) Persistencia o continuidad.

Es la extensión en área o tamaño de una discontinuidad. Cuanto menor sea la persistencia, la masa rocosa será más estable y cuanto mayor sea ésta, será menos estable.

Figura N° 15 Persistencia de discontinuidades

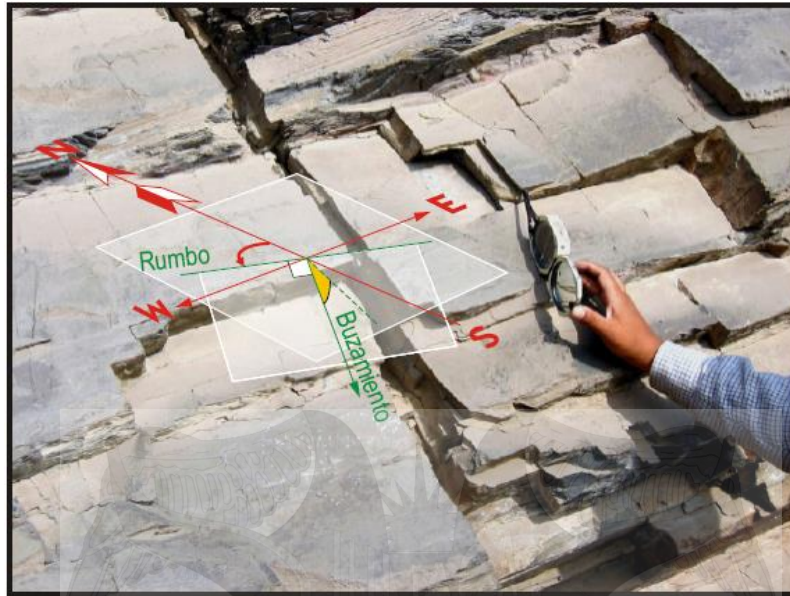


Fuente: Curso de Mecánica de Rocas – UANCV

k) Orientación.

Es la posición de la discontinuidad en el espacio y comúnmente es descrito por su rumbo y buzamiento. Cuando un grupo de discontinuidades se presentan con similar orientación o en otras palabras son aproximadamente paralelas, se dice que éstas forman un “sistema” o una “familia” de discontinuidades.

Figura N° 16 Orientación de discontinuidades

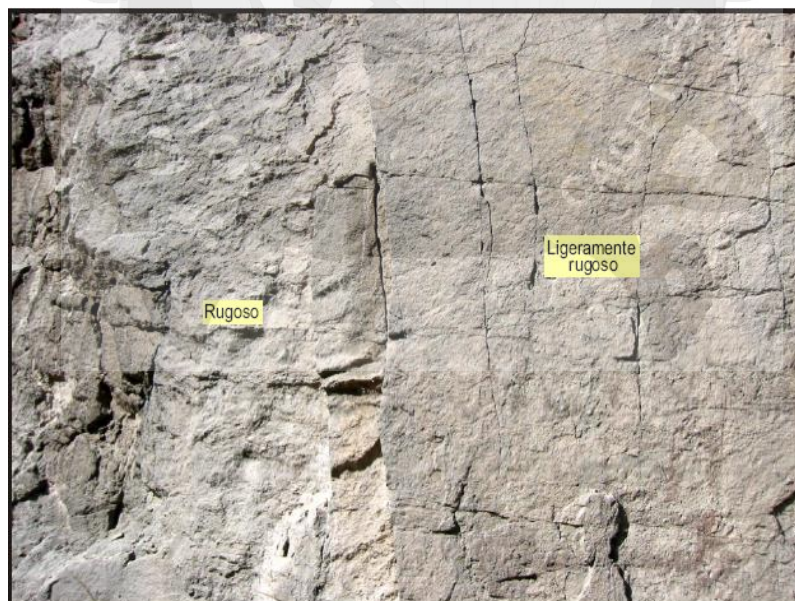


Fuente: Curso de Mecánica de Rocas - UANCV

I) Rugosidad.

Es la aspereza o irregularidad de la superficie de la discontinuidad. Cuanto menor rugosidad tenga una discontinuidad, la masa rocosa será menos competente y cuanto mayor sea ésta, la masa rocosa será más competente.

Figura N° 17 Grado de aspereza de discontinuidades.



Fuente: Curso de Mecánica de Rocas – UANCV

m) Relleno

Son los materiales que se encuentran dentro de la discontinuidad. Cuando los materiales son suaves, la masa rocosa es menos competente y cuando éstos son más duros, ésta es más competente.

Figura N° 18. Relleno de discontinuidades



Fuente: Curso de Mecánica de Rocas - UANCV

n) Rocas sedimentarias.

Formadas por la deposición de sedimentos.

o) Rumbo.

Dirección que sigue la línea de intersección formada entre el plano horizontal y el plano del estrato o estructura geológica, con respecto al norte o al sur.

p) Textura.

Tamaño, forma y disposición de los minerales componentes de las rocas.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE TÚNEL VIAL Y ANÁLISIS ESTÁTICO

3.1 METODOLOGÍA.

El presente trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Juliaca en la prolongación del Jr. Salaverry y Jr. Hipólito Únanse en el Cerro Santa Cruz. Para dar inicio al tema, se facilitó del plano catastral y plano topográfico en digital de la ciudad de Juliaca, bibliografía necesaria para el estudio y conocimiento detallado de las condiciones del sitio y a la vez se realizó en mapeo geomecánico en el sitio de investigación, así también se obtuvo reportes geológicos en la página web de INGEMMET - GEOCATMIN, sirvió de mucha ayuda la extracción de matriz rocosa para obtener el peso unitario y la resistencia a la compresión simple o uniaxial en el laboratorio de mecánica de rocas de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno en la Facultad de Ingeniería de Minas, los demás datos se obtuvieron en el programa RocLab así como: las propiedades geomecánicas, y parámetros de resistencia del macizo rocoso.

La investigación se dio inicio con el diseño geométrico del túnel vial con la facilitación del plano catastral y plano topográfico de la ciudad de Juliaca en digital con extensión dwg en la que se hizo reconocer como dato en el programa AutoCAD Civil 3D (2015), en dicho programa se hizo el Diseño Correspondiente del túnel, seguidamente se realizó mapeo Geomecánico en la que se extrajo gran parte de información referente a la roca, se hizo un levantamiento geomecánico superficial con instrumentos como: 2 Brújulas Brunton, GPS map 76CSx marca Garmin, Picota Geológica, Wincha de 30m y 5m y Libreta de Campo, con la descripción metro a metro de las condiciones en el sitio, se generó un perfil geológico que corroboró las



litologías de las formaciones descritas en la carta geológica proporcionado por Ingemmet en la página Web en GEOCATMIN y en el informe final de revisión y actualización del mapa de Geología de procesos Geodinámicas del Perú editado por el Ing. David Moncca Simón.

Al mismo tiempo que fue revisada el levantamiento Geomecanico del macizo rocoso, se estudiaron las teorías en las que se basa un modelo geomecánico, y algunos métodos de clasificación de rocas más conocidos. Para la aplicación de estos métodos, se asumió una zonificación del macizo rocoso en unidades geotécnicas a lo largo de la línea de diseño geométrico del túnel, y se definió las propiedades, parámetros de cada unidad y estimación de tipo sostenimiento, a la vez se generó un perfil geomecanico.

Posteriormente se introdujo los datos en el programa Dips V. 5.1 para determinar la representación estereográfica de mapeo geomecanico de línea mostrando concentración de polos y planos representativos para cada sistema dominante y la vez estos datos se introdujo al programa UNWEDGE para determinar la estabilidad de las cuñas estimando en las progresivas de excavación

Igualmente se realizó en conjunto un modelo de elementos finitos con ayuda del programa PHASE 2, y programa Examine 2D que generó un análisis numérico del macizo rocoso, basado en una simulación tridimensional del túnel, y se reforzó el resultado del comportamiento de la roca, con estos softwares también se definió el radio plástico y deformación máxima causada en la excavación, para el análisis de estabilidad del frente de avance, por medio de la curva característica del sistema (convergencia-confinamiento), el cual fue información vital para proponer el tipo de soporte a aplicar.

Una vez obtenida esta información, se planteó una cercha reticular como soporte temporal, donde se escogió previamente, se concluyó que la cercha trabaja en conjunto con el concreto lanzado, y se optó por el diseño de una sección equivalente que contemplaba la función del concreto y el acero de la cercha en conjunto estructural.



Se confecciona una memoria de cálculo en Excel, basada en la teoría del Ing. Gianfranco Perri (2000) que determina la carga sobre el soporte utilizado, con la cual se generó los datos de presiones verticales y horizontales que transmitía la roca al soporte (sección de diseño). Con esto, se elaboró un modelo estructural en el programa SAP 2000 (versión 15), y se tomó en cuenta las condiciones más reales posibles, confiando en el criterio ingenieril.

En relación con esto se generó este trabajo, incluyendo tablas, gráficas, planos, procedimientos y diseños en los que se basó esta investigación, enfocado al Diseño Geométrico del Túnel Vial del Jr. Salaverry de la ciudad de Juliaca.

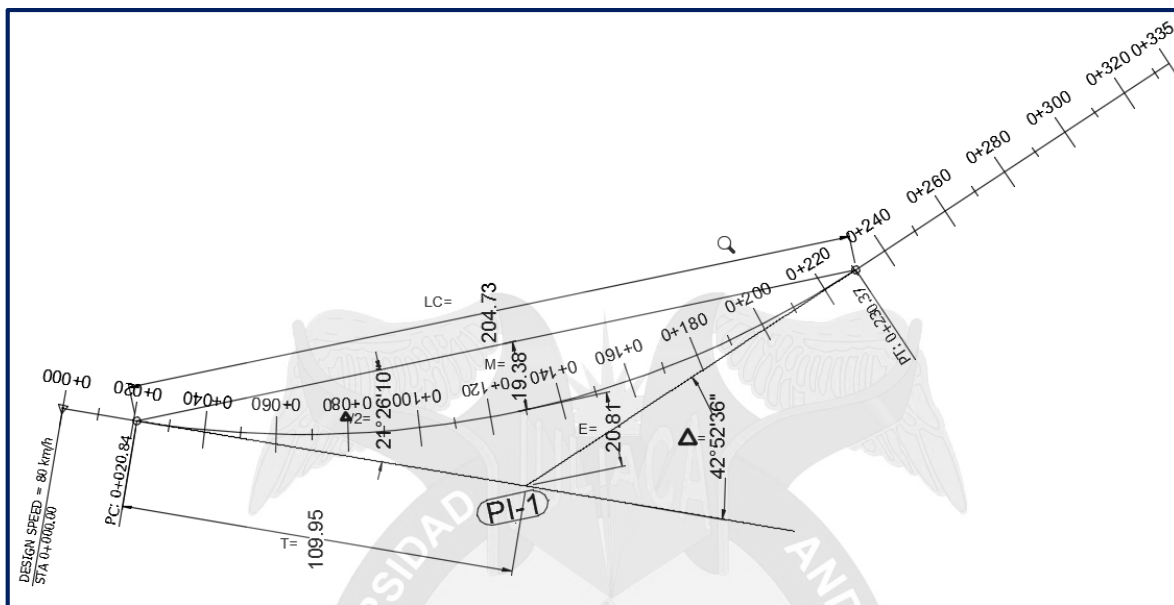
3.2 DISEÑO GEOMETRICO DEL TUNEL VIAL DE LA PROLONGACION DEL JR. SALAVERRY.

3.2.1 TRAZADO EN PLANTA

El criterio para el trazado del túnel ha sido tomado sobre la base, la velocidad de diseño que es una velocidad máxima que el vehículo transitará por este tunel, todos los elementos son calculados sobre esa velocidad. En la presente investigación se ha tomado una velocidad máximo de 80 Km/h, está constituido por dos alineamientos rectos y una curva circular, se ha tomado de la Tabla N° 01 que para dicha velocidad corresponde un radio mínimo de 280 m de curvatura, un peralte máximo de 4% y un coeficiente de fricción transversal máximo de 0.14 teniendo como ubicación de la vía para área urbana, clasificándose así en la tabla N° 02 como carretera de segunda clase, con un tráfico de 400 a 2,000 veh/dia en presente investigación se considera clasificación por orografía de tipo 1 por tener una pendiente longitudinal menor a tres por ciento (3%) según norma EG. 2014.

Sobre la base antes indicado se ha diseñado en Autocad Civil 3D el trazado en planta del tunel y se observa en el plano PP-01 anexo al presente documento y en la figura N°18 y cuadros N° 01 y 02 con sus respectivos elementos de curva.

Figura N° 19. Elementos de Curva del Tunel



Fuente: Propio, Software AutoCAD Civil 3D

Cuadro N° 01. Elementos de Curva

ELEMENTOS DE CURVA DE DISEÑO TUNEL VIAL						
N° PI	Delta	Radio (m)	Tang. (m)	Longitud de curva (m)	LC (m)	Externa (m)
PI-1	42° 52' 36"	280	109.95	209.54	204.73	20.81

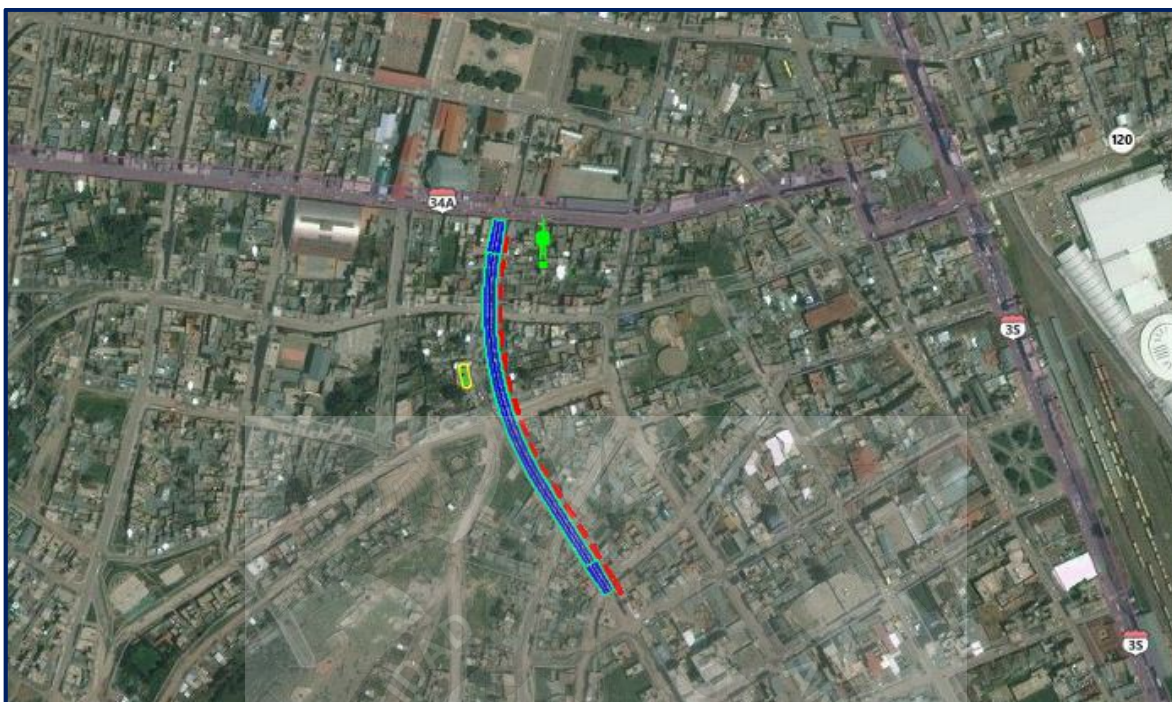
Fuente: Propio

Cuadro N° 02. Elementos de Curva

ELEMENTOS DE CURVA DE DISEÑO TUNEL VIAL					
N° PI	PI (Km)	PC (Km)	PT (Km)	Norte	Este
PI-1	0+130.78	0+020.84	0+230.37	8286529.40	378179.26

Fuente: Propio

Figura N° 20. Foto satelital de Trazado de Túnel vial en Planta



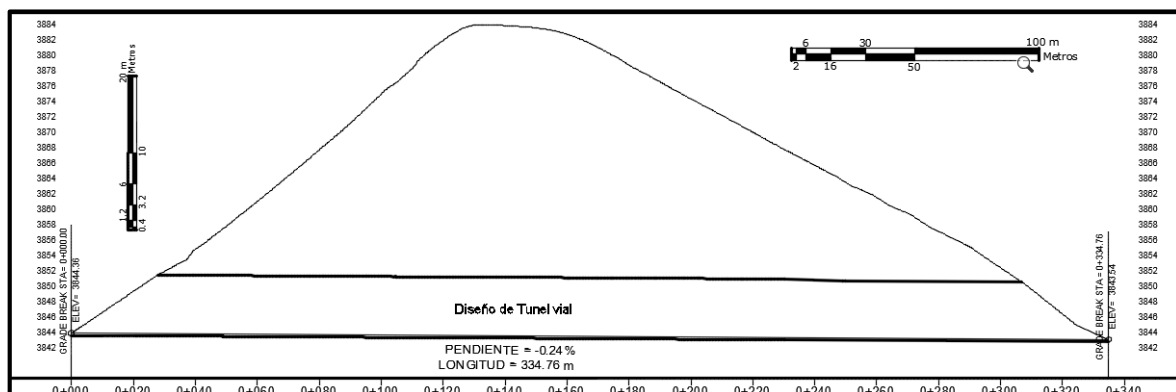
Fuente: Propio, Software virtual GEOCATMIN

3.2.2 TRAZADO EN PERFIL

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, ha sido constituido en forma recta en la que no presenta curvas verticales parabólicas, en lo cual dicha recta es tangente; en cuyo desarrollo, el sentido de la pendiente es en dirección al Jr. Hipólito Unanue, que tiene una pendiente de -0.24% cumpliendo con la norma DG. 2014., la longitud total de la pendiente es 334.76m que representa el total de la longitud del trazo del túnel vial, también se hace el trazado de la altura de excavación del túnel desde la sub-rasante al punto clave con una altura de 7.36 en secciones sin peralte y sobreancho y 7.90m en secciones con peralte y sobreancho.

Dicho trazado se ha realizado con el software Autocad civil 3D, lo cual se puede observar en el plano PP- 01 anexo al presente documento y figura N° 21.

Figura N° 21. Trazado en perfil del Túnel vial

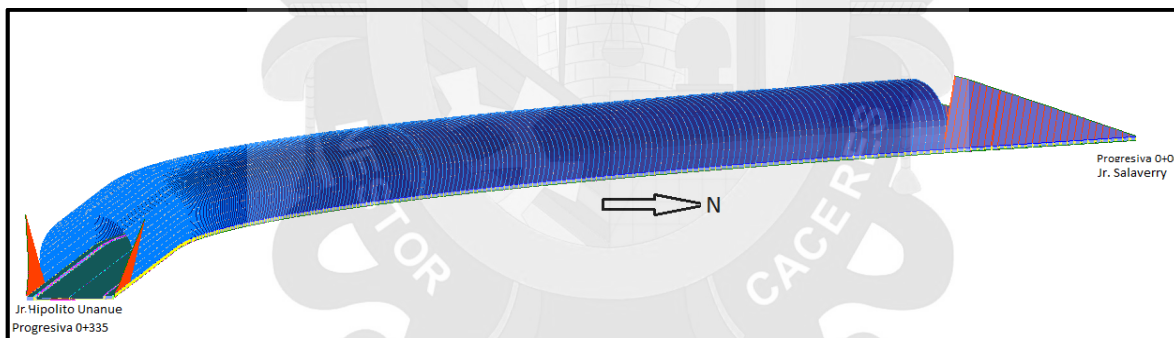


Fuente: Propio, Software AutoCAD.

3.2.3 TRAZADO DE SECCIÓN TRANSVERSAL

El trazado geométrico de la sección transversal en el túnel vial, se ha considerado la descripción de los elementos de un túnel en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual ha permitido definir la disposición y dimensionar dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

Figura N° 22. Diseño de Túnel vial en 3D



Fuente: Propio, Software AutoCAD Civil 3D

a. ANCHO DE LA CALZADA EN TANGENTE DEL TUNEL VIAL

El ancho de la calzada en tangente, se ha determinado tomando en cuenta como base la velocidad de diseño y el nivel de servicio. En consecuencia, el ancho y número de carriles se ha determinado mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio.

Relacionando en la tabla N° 02, se ha determinado que el ancho de calzada para una velocidad de diseño de 80 Km/h es 7.20m para una carretera de segunda clase, para tipo 4 y tráfico vehicular de 400 a 2,000 veh/día, y este ancho de calzada consta de dos carriles en lo cual se observa en la figura N° 23.

b. SOBREALCHO

El sobreancho se ha determinado de acuerdo a la ecuación N° 01 en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño y se ha calculado con la siguiente fórmula:

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

.....Ecuación 01

Como dato se ha tomado de la tabla N° 03 el tipo de vehículo ómnibus de dos ejes (B2) que tiene la mayor longitud de separación entre ejes se descarta el vehículo de tipo T3S3 semirremolque simple por prohibición de tránsito en área urbana ya que el túnel vial se ubica en área urbana central, tenemos los datos en cuadro N°03

Cuadro N° 03 Datos de sobreancho

n Número de carriles	R Radio (m)	Tipo de Vehículo B2 L Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)	V Velocidad de diseño (km/h)
2	280	8.25	80

Fuente: Propio

$$Sa = 2 \left(280 - \sqrt{280^2 - 8.25^2} \right) + 80/10\sqrt{280}$$

Sa= 0.72 m, Recomendado Sa=0.70

El sobreancho se observa en los planos PP-01 y ST-01 al ST07 en el anexo del presente documento, también se puedes observar en la figura N° 23.

c. BOMBEO

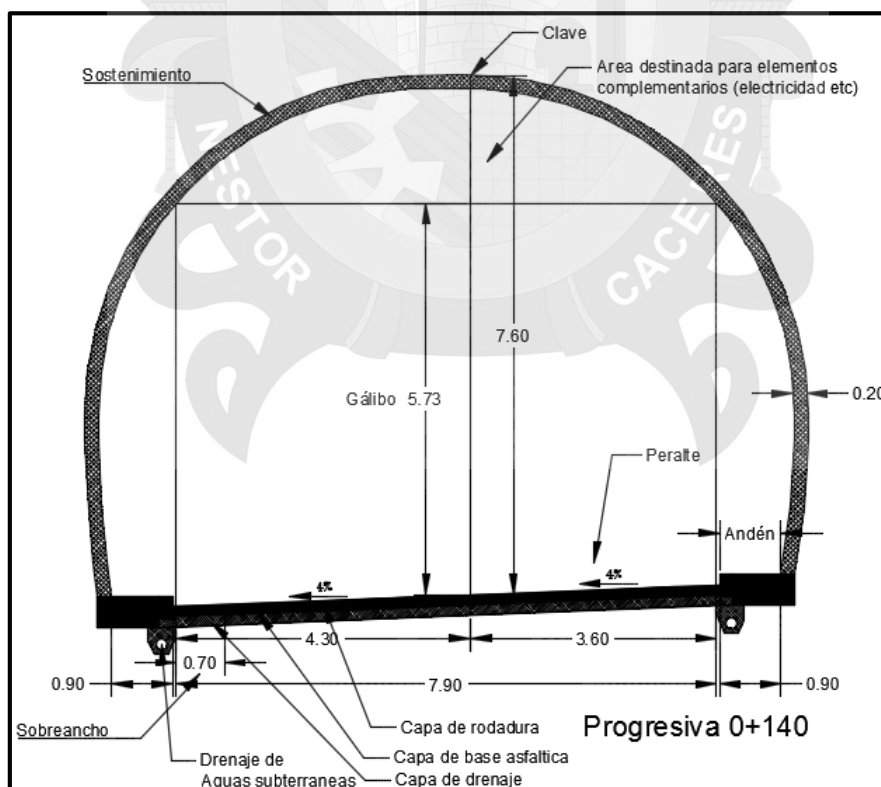
El bombeo de la calzada se ha tomado de la tabla N°04 para un tipo de superficie Pavimento asfáltico y/o concreto Portland con Precipitación <500 mm/año que corresponde a 2% dicho elemento se describe en los planos ST- 01 al ST 07 y PP- 01 también observamos en las figuras N° 23 y 24.

d. GÁLIBO

El Gálibo es la Altura Libre que existe entre la superficie de rodadura y la parte inferior del punto clave para el normal tránsito de vehículos de altura mayor. Dicha altura para este caso, para el diseño del túnel vial, mide 5.73m para sección con peralte y sobreancho y 5.51m sin peralte y sobreancho estas alturas cumplen la norma DG 2014

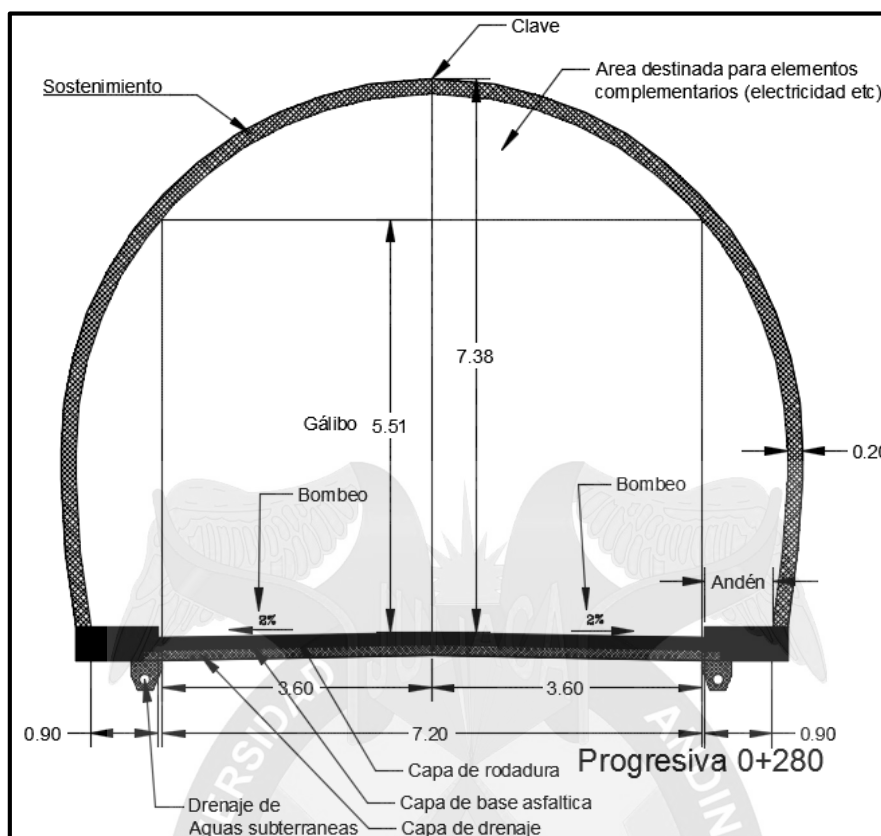
En la figura N° 23 y 24 se pueden observar dicho elemento también en los planos ST- 01 al ST 07 y PP-01 anexo al presente documento.

Figura N° 23. Trazado de sección transversal en curva con peralte y sobreancho



Fuente: Propio, software Autocad Civil 3D

Figura N° 24. Trazado de sección transversal en tangente



Fuente: Propio, software Autocad Civil 3D

e. BERMAS

No existe Berma en el presente diseño de Túnel vial debido a que está prohibido el estacionamiento de vehículos dentro del túnel en toda franja longitudinal.

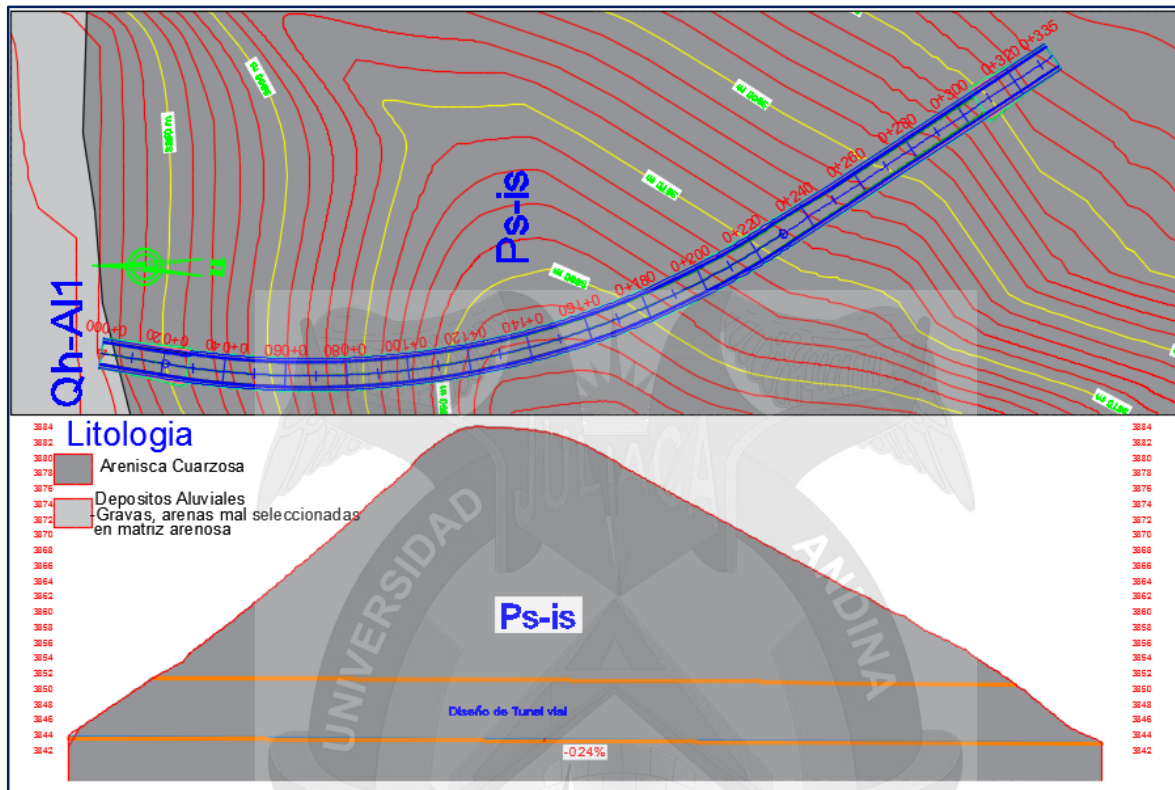
3.3 PERFIL GEOLOGICO DEL DISEÑO DEL TUNEL VIAL.

La litología presente del sitio de investigación del cerro santa cruz corresponde al Grupo izcay conformada por areniscas cuarzosas con estratificación sesgada de limolitas y lutitas fosilíferas, la arenisca cuarzosa tiene una textura grano mediano y es de tipo sedimentario.

En el área de investigación el afloramiento de la arenisca cuarzosa la estructura de la roca presenta un rumbo promedio de N70°W, con un buzamiento promedio de 31° SW.

A continuación en la figura 25 se presenta el perfil geológico del diseño del túnel vial, donde se proyectan el túnel que conforma.

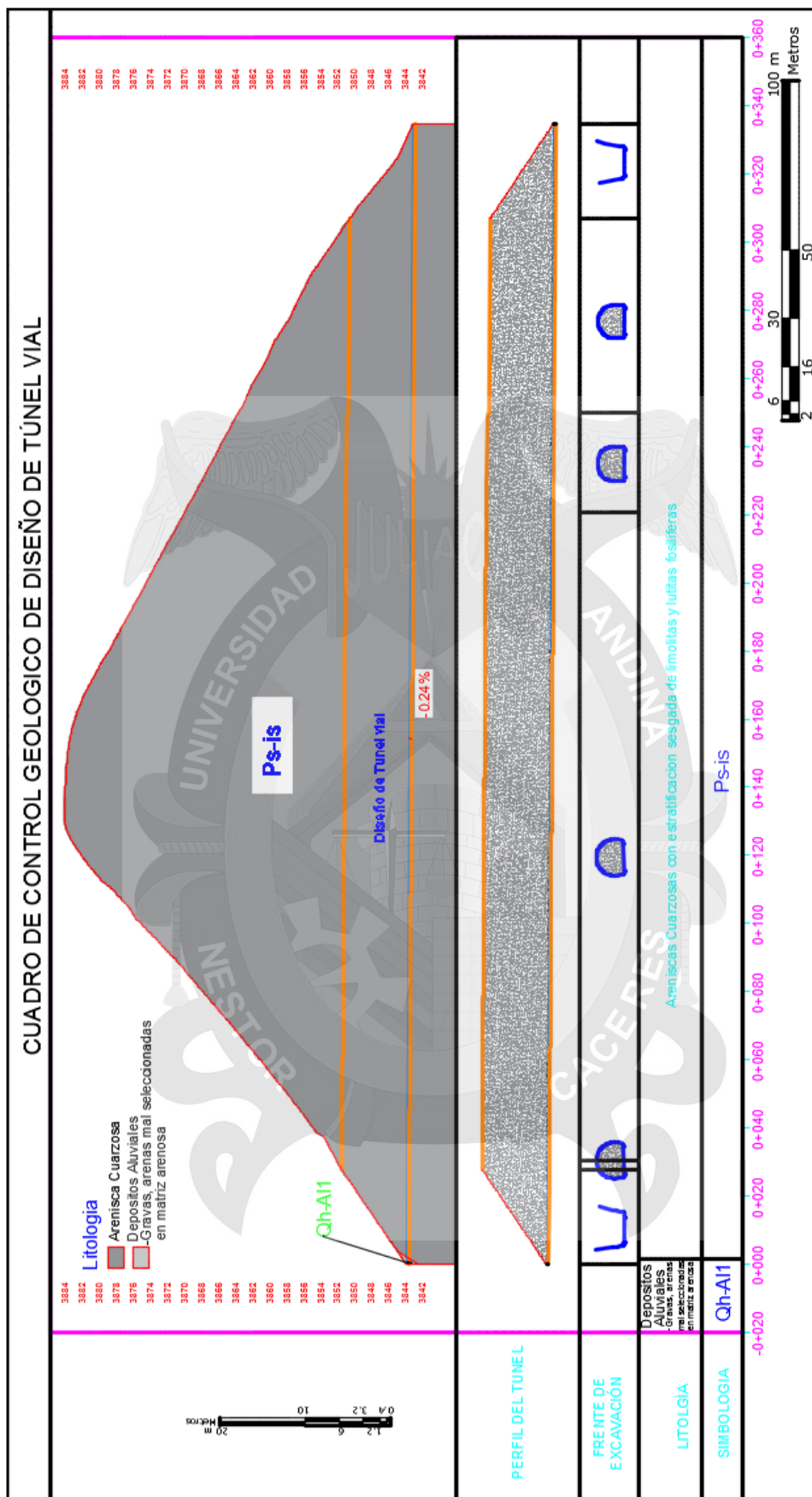
Figura N°25. Perfil geológico longitudinal de Diseño de Túnel Vial



Fuente: Propio – Autocad 2015

En la figura N° 26, se muestra detalladamente el control geológico del Diseño del Túnel vial donde se confirma la geología que está proyectada a la excavación.

Figura N° 26. Control geológico proyectado de la excavación del diseño del Túnel vial.



Fuente: Propio, Autocad 2015

3.4 DEFINICIÓN DE UNIDADES GEOMECHANICAS.

Las unidades geomecánicas del macizo rocoso han sido establecidas en función al mapeo geomecánico, los ambientes de alteración, e índices descritos en el marco teórico, para el diseño del túnel vial se asumen siete unidades geomecánicas, las cuales son consideradas para el análisis estático y excavación del túnel.

Mediante el mapeo geomecánico se han obtenido datos de características físicas del macizo rocoso por celda o estación para determinar las características geomecánicas de las unidades geomecánicas. Los datos obtenidos en el laboratorio son usados para determinar propiedades geomecánicas en el programa RobLab, los datos obtenidos en el laboratorio es el peso unitario de la roca y la resistencia a la compresión Simple o uniaxial certificada adjunto en el anexo del presente documento.

Los valores obtenidos en el laboratorio son: peso unitario $\gamma_t=0.0252\text{MN/m}^3$, y resistencia a la compresión simple o uniaxial promedio $\sigma_c=20.08\text{Mpa.}$, los demás valores son calculados mediante las ecuaciones descritos en el marco teórico.

También se toma como dato el afloramiento de la arenisca cuarzosa, donde presenta la estructura de la roca, un rumbo promedio de $N70^\circ W$, con un buzamiento promedio de $31^\circ SW$ como se puede observar en la figura N 27°

Figura N°27. Inclínación de la Estructura de la Roca Arenisca cuarzosa



Fuente: Propio

3.4.1 OBTENCION DE DATOS DE INVETIGACIÓN

La obtención de datos se ha realizado en la presente investigación en el campo o área de influencia del diseño del túnel, en el cerro santa cruz de la ciudad de Juliaca, en el cual se ha se ha obtenido trabajando con cuatro personas realizando el mapeo geomecánico, y a la vez obteniendo muestras de la roca matriz para el laboratorio.

3.4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS DE INVESTIGACIÓN

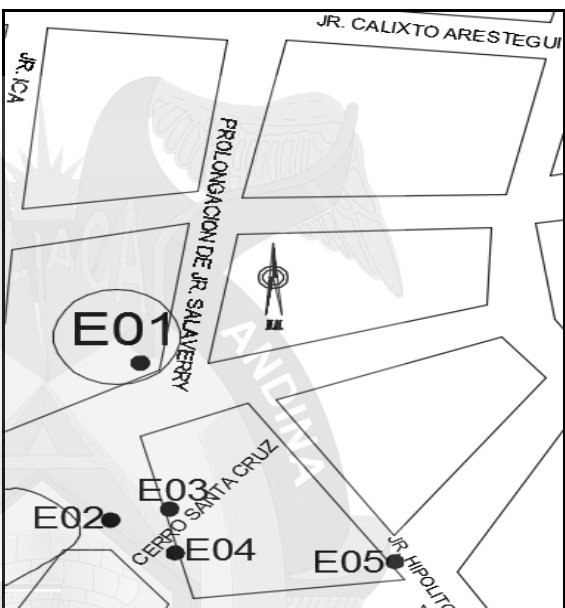
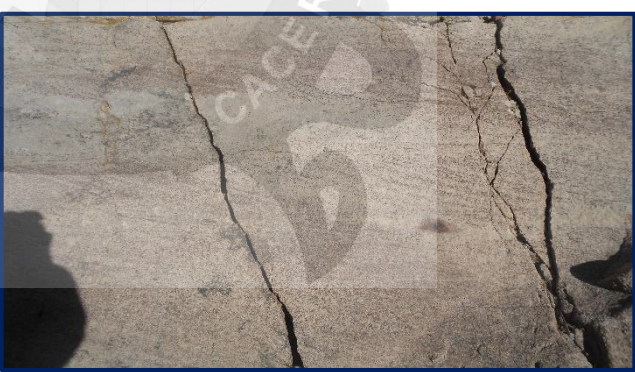
El procesamiento de datos en la presente investigación se realiza en el gabinete con los softwares Excel, Autocad Civil 3d, Dips, RocLab, Unwedge, Rocsuport, Phase2 y Sap 2000.

A continuación se describen brevemente cada una de las unidades geomecanicas mediante mapeo geomecanico por celda o estación y se reportan sus principales características físicas y geomecánicas.

3.4.3 CARACTERIZACIÓN

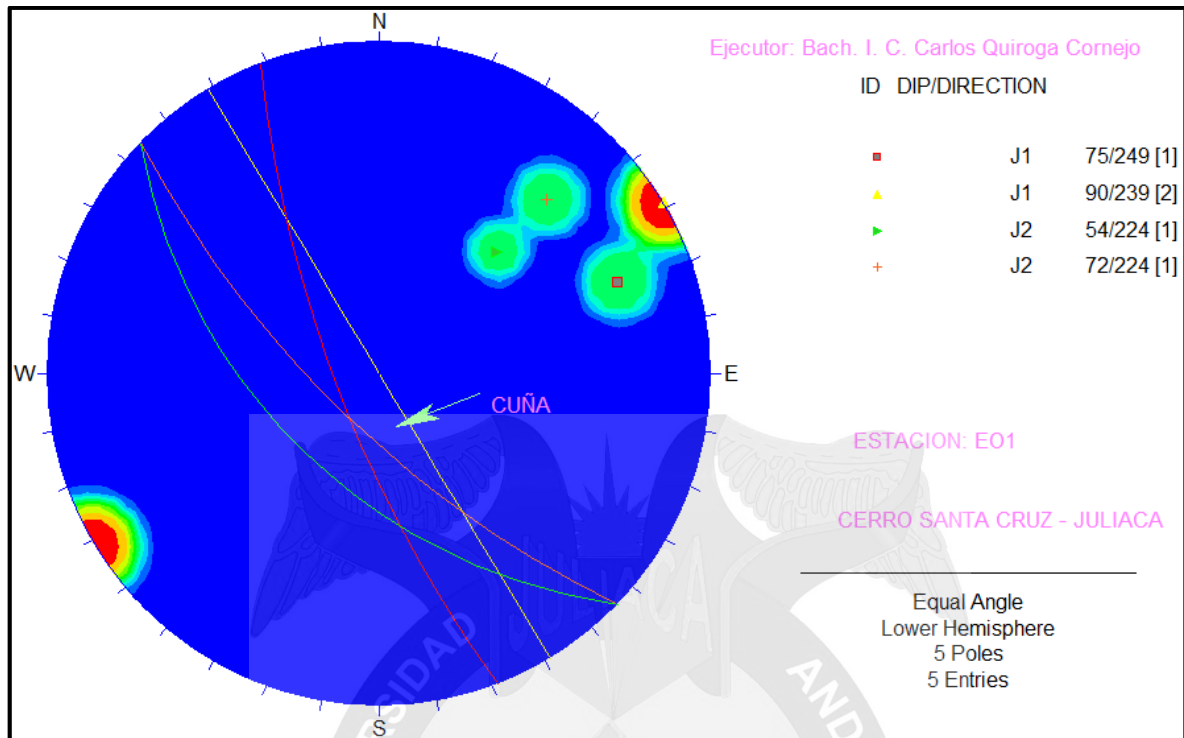
ESTACIÓN: E01

Cuadro N° 04. Mapeo - Datos de Característica física del Macizo Rocoso por Celda o Estación: E01

ESTACIÓN: E01						
COORDENADAS:						
E: 378161.12		N: 8286511.52		Z: 3890		UTM,WGS84 Datum
Calidad de afloramiento:		Excelente				
Litología:		Arenisca Cuarzosa		Grupo: Izcay		
MEDIDAS	1	2	3	4	5	CROQUIS DE ESTACIÓN: E01
Tipo de Plano	J1	J1	J1	J2	J2	
Dip dir	239	239	249	224	224	
Dip	90	90	75	72	54	
ESPACIADO						
> 2000 mm			x			
600 - 2000 mm	x	x		x	x	
200 - 600 mm						
60 - 200 mm						
< 60 mm						
CONTINUIDAD						
< 1 m						
1-3 m					x	
3-10 m						
10-20 m	x	x				
>20 m			x	x		
APERTURA						
Nada						
< 0,1 mm						
0,1-1,0 mm						
1-5 mm	x			x	x	
> 5 mm		x	x			
RUGOSIDAD						
Ondulación	R	R	R	R	R	
JRC	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10	
METOR. JUNTA						
Grado	2	2	2	2	2	
AGUA						
Seco						
Lig. húmedo	x	x	x	x	x	
Húmedo						
Goteando						
Fluyendo						
RELLENO						
Naturaleza	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar	
Espesor mm	2	3	3	2	2	
						FOTO DE ESTACION: E01
						

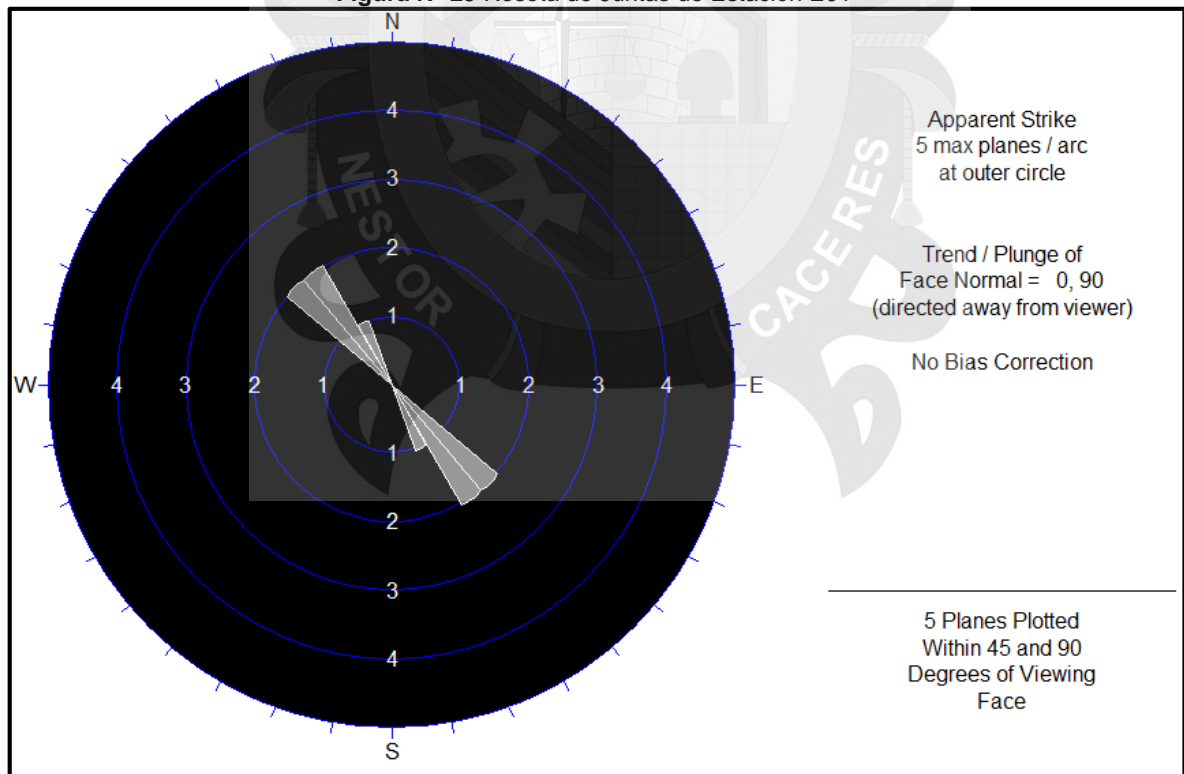
Fuente: Propio

Figura N° 28. Croquis de Fracturas de Estación E01



Fuente: Propio, Software Dips.

Figura N° 29 Roseta de Juntas de Estación E01



Fuente: Propio, Software Dips.

Cuadro N° 05. Caracterización geomecánica RMR de celda o Estación: E01

CARACTERIZACIÓN GEOMECAICA DEL MACIZO ROCOSO - RMR (Bieniawski 1989)								
OBTENCIÓN RMR BÁSICO			VALORACIÓN MINIMA		VALORACIÓN MÁXIMA			
			DATOS	VAL.	DATOS	VAL.		
1	Resistencia a compr. Simple o Uniaxial (Mpa)		5-25 MPa	2	5-25 MPa	2		
2	Fracturas/metro lineal (L) RQD		3 96	19	2 98	20		
3	Espaciado (mm)		600	12	2000	20		
4	Estado de las juntas	Persistencia	10-20 m	1	10-20 m	1		
		Apertura	> 5 mm	0	1-5 mm	1		
		Rugosidad	Suave	1	Ligeramente Rugosa	3		
		Relleno	Relleno duro < 5 mm	4	Relleno duro < 5 mm	4		
		Alteración	Ligeramente alterado	5	Ligeramente alterado	5		
		Suma		11		14		
5	Presencia de agua		Estado Seco	15	Estado Seco	15		
Corrección para Túneles			RMR (Basico)	59		71		
6	Buz. Estruct.	31° SW	Val.	-2	RMR (Corregido)	57		69
				RMR(Promedio)		63		

Fuente: Propio, Excel

Cuadro N° 06. Clasificación RMR de Estación E01

Rango RMR	Clase	Descripción del macizo rocoso	E01 Clase	E01 Desc.
61-80	II	Bueno	II	BUENO

Fuente: Propio

Cuadro N°07. Caracterización de Macizo Rocoso – Q(Barton 2002) – Estación: E01

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO - Q (Barton 2002) - E01				
Concepto	Descripción	valor		
1 Calidad de roca	Excelente	RQD (%)	98	
2 Sistemas de fisuras	Dos sistemas de fisuras + una aislada	Jn	6	
3 Rugosidad de fisuras	Rugosas o irregulares pero planas	Jr	1.5	
4 Estado de Fisuras	Paredes ligeramente alteradas, con recubrimiento de minerales inablandable, partículas arenosas, roca triturada sin arcilla.	Ja	2	
5 Estado de agua en las fisuras	Infiltración a presión mediana con lavado ocasional de los rellenos.	Jw	0.66	
6 Reduccion de Esfuerzos	No hay esfuerzos	SRF	1	
$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF}$ <p>Q= 8.09</p>				

Fuente: Propio, Excel

Cuadro N°08. Clasificación Q de Estación: E01

Q	Grupo	Clasificación	E01 Grupo	E01 Clasificación
1 - 4	2	Mala	2	REGULAR

Fuente: Propio

Cuadro N° 09. Caracterización del macizo rocoso GSI –Hoek de Estación E01

<p>ROCAS DIACLASADAS (Hoek and Marinos, 2000)</p> <p>A partir de la litología, estructura y condiciones superficiales de las discontinuidades, se estima un valor promedio del GSI. No se debe tratar de ser muy preciso. Un rango de 33-37 es mas realista que un GSI=35. Note que la tabla a macizos estructuralmente controlados por fallas, donde planos estructurales débiles están presentes en una dirección desfavorable con respecto al frente de excavación, estos podrán dominar el comportamiento del macizo rocoso. Las zonas de falla son propensas a la alteración como resultado de los cambios de humedad que pueden reducirse cuando el agua esta presente. Cuando trabajamos en rocas de regular o mala calidad, cambian las condiciones por el cambio de humedad. La</p>		<p>CONDICIONES DE SUPERFICIE</p> <p>MUY BUENAS Superficies muy rugosas, superficies no meteorizadas, frescas</p> <p>BUENAS Superficies rugosas, ligeramente meteorizadas, manchadas con hierro</p> <p>REGULAR Superficies lisas, moderadamente meteorizadas y alteradas</p> <p>POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización y rellenos compactos o rellenos de frag.</p> <p>MUY POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización con rellenos de arcilla suave.</p>	
		<p>DECRECE LA CALIDAD DE LA SUPERFICIE →</p>	
<p>DECRECE EL ENTRAMBADO DE LOS BLOQUES</p> <p>↓</p>	<p>INTACTA O MASIVA - Especímenes de roca intacta o masiva in-situ, roca con discontinuidades amplias y espaciadas</p>	90	N/A
	<p>FRACTURADA - Macizo rocoso con bloques entrelazados, consistente en bloques cúbicos formados por tres intersecciones de</p>	80	54
	<p>MUY FRACTURADA - Macizo parcialmente perturbado con bloques entrelazados y angulares, formados por cuatro o mas</p>	70	40
	<p>FRACTURADA / PERTURBADA - Macizo rocoso plegado formado por bloques angulares formados por la intersección de varios</p>	60	30
	<p>DESINTEGRADA - Macizo rocoso altamente fracturado con mezcla de fragmentos angulares y redondeados, pobremente</p>	50	20
	<p>FOLIADA / LAMINADA - Se carece de bloques debido débil material presente en los planos de foliación o de cizalla</p>	40	10
		30	N/A
		20	N/A
		10	N/A

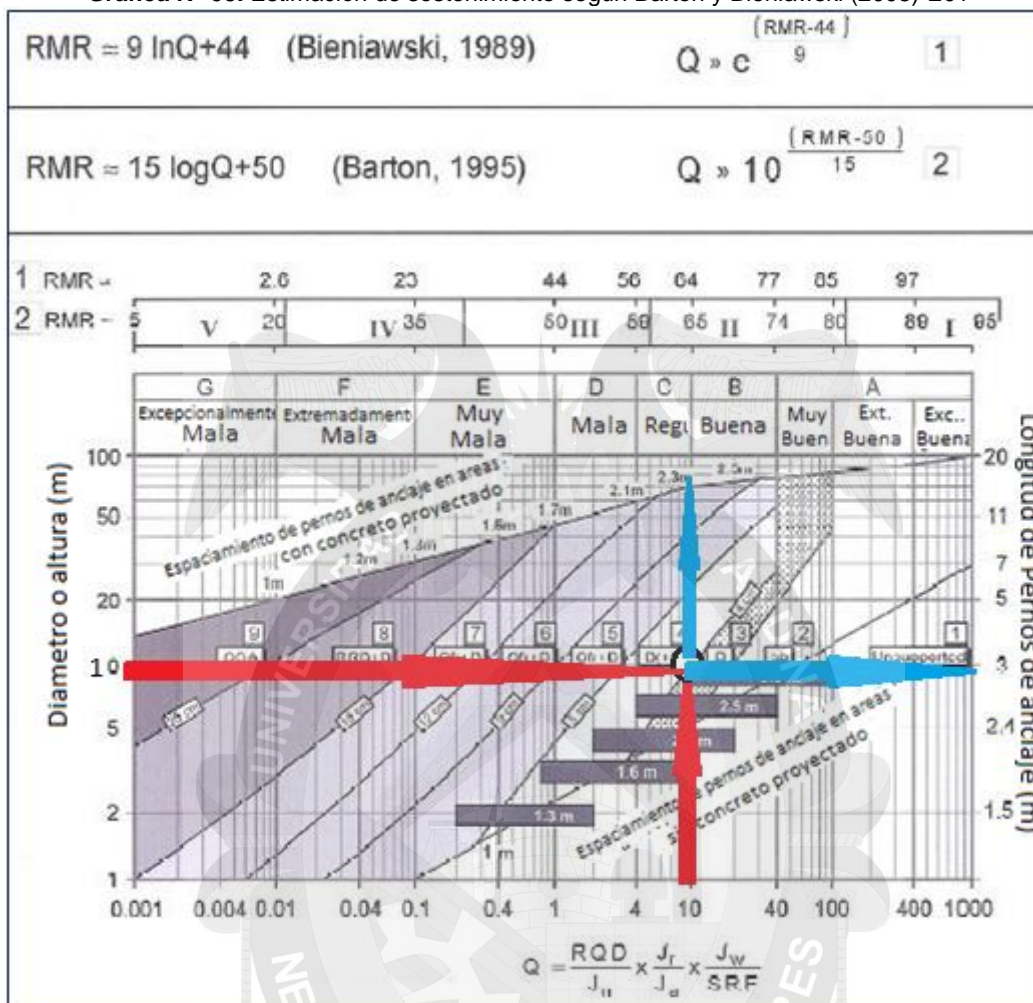
Fuente: Propio.

Cuadro N° 10. Clasificación GSI de Estación E01. – Hoek 2002

Estructura de la masa Rocosa	Condición Superficial de la masa rocosa	Valor - Tabla GSI
Moderadamente Fracturada (F)	Masa rocosa Regular (R)	54

Fuente: Propio

Grafica N° 03. Estimación de sostenimiento según Barton y Bieniawski (2008) E01



Fuente: Propio

Cuadro N° 11. Selección de Sostenimiento E01

Datos		Sostenimiento Resultado E01
Túnel de Carretera	Valor	4: Pernos de Anclaje más Concreto proyectado, 4 a 5 cm. de espesor
Ancho del Túnel	10.20 m	Pernos de Anclaje de Longitud de 3m
Q	8.09	Espaciado a 2.3 m

Fuente: Propio

ESTACIÓN: E02

Cuadro N°12. Mapeo - Datos de Característica física del Macizo Rocoso por Celda o Estación: E02

ESTACIÓN: E02										
COORDENADAS:										
E: 378151			N: 8286440			Z: 3892			UTM,WGS84 Datum	
Calidad de afloramiento:			Excelente							
Litología:			Arenisca Cuarzosa			Grupo: Izcay				
MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipo de Plano	J3	J3	J3	J3	J3	J4	J4	J4	J5	J5
dip dir (°)	208	213	208	209	210	266	271	264	291	290
Dip (°)	50	50	50	51	49	72	72	71	85	86
ESPACIADO										
> 2000 mm				x						
600 - 2000 mm	x	x	x		x		x	x	x	x
200 - 600 mm						x				
60 - 200 mm										
< 60 mm										
CONTINUID.										
< 1 m										
1-3 m	x	x				x	x			
3-10 m			x	x	x			x	x	x
10-20 m										
>20 m										
APERTURA										
Nada										
< 0,1 mm										
0,1-1,0 mm										
1-5 mm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
> 5 mm										
RUGOSIDAD										
Ondulación	L	L	L	L	L	O	O	O	L	O
JRC	2-4	2-4	2-4	2-4	2-4	4-6	4-6	4-6	2-4	4-6
METEOR. JUNTA										
Grado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
AGUA										
Seco										
Lig. húmedo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Humedo										
Goteando										
Fluyendo										
RELLENO										
Naturaleza	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar
Espesor mm	2	1	5	1	1	2	1	2	1	2

CROQUIS DE ESTACIÓN: E01

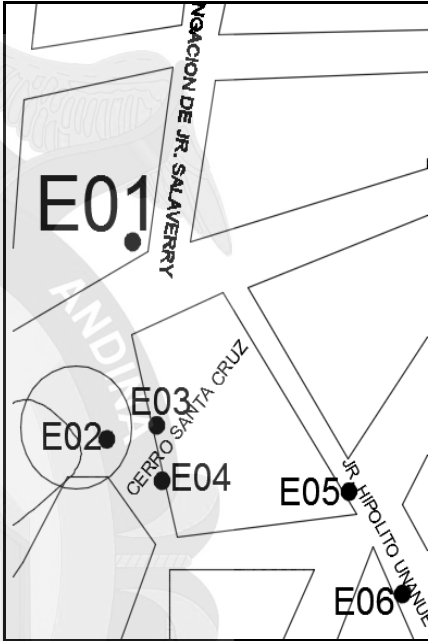



FOTO DE ESTACION: E01



CROQUIS DE ESTACIÓN: E01

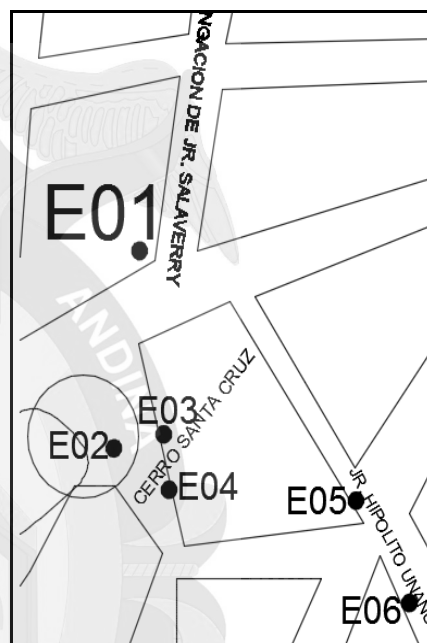
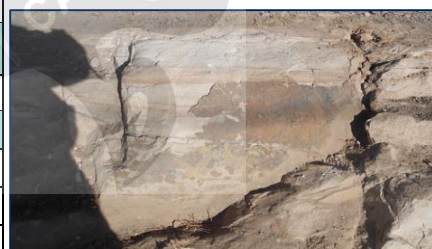
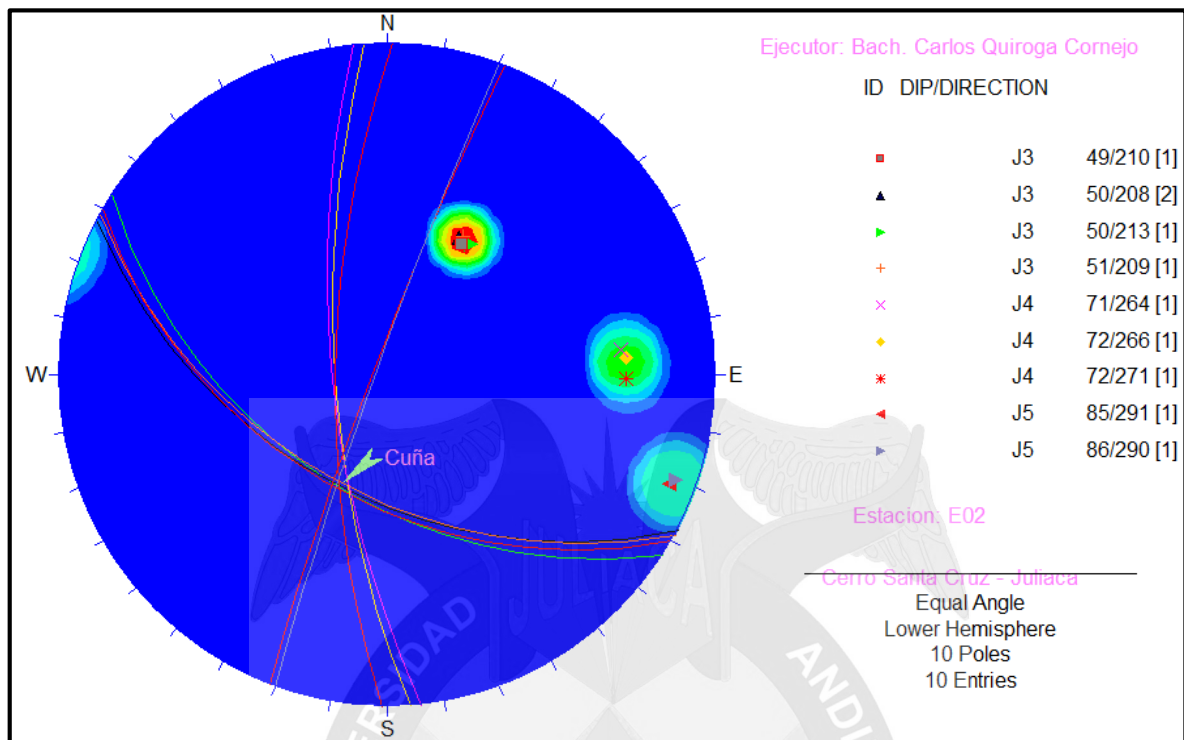


FOTO DE ESTACION: E01



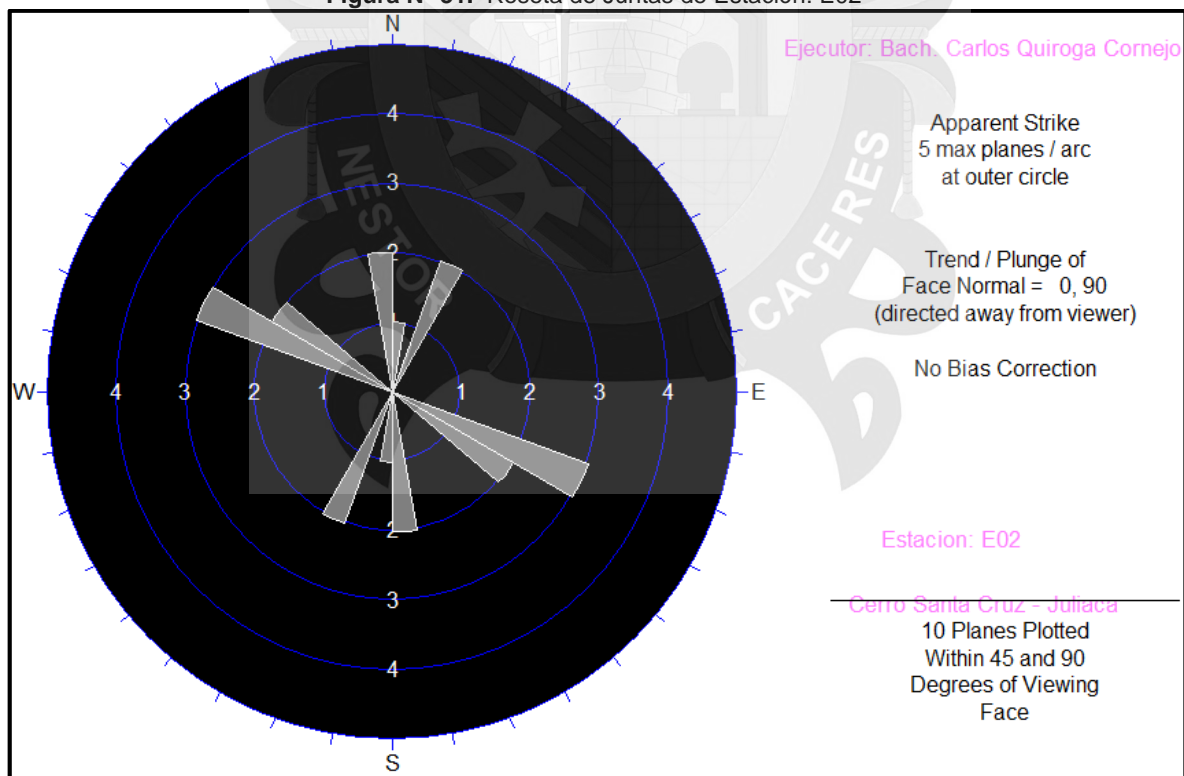
Fuente: Propio.

Figura N° 30. Croquis de Fracturas de Estación: E02



Fuente: Propio, Software Dips.

Figura N° 31. Roseta de Juntas de Estación: E02



Fuente: Propio, Software Dips.

Cuadro N° 13. Caracterización geomecánica RMR de celda o Estación: E02

CARACTERIZACIÓN GEOMECAICA DEL MACIZO ROCOSO - RMR (Bieniawski 1989)								
OBTENCIÓN RMR DE ESTACION: E02				VALORACIÓN MINIMA		VALORACIÓN MAXIMA		
				DATOS	VAL.	DATOS	VAL.	
1	Resistencia a compresión simple o Uniaxial (MPa)			5-25 Mpa	2	5-25 Mpa	2	
2	Fracturas/metro lineal (Σ) RQD			7 84	17	5 91	18	
3	Espaciado (mm)			600	12	2000	20	
4	Estado de las juntas	Persistencia	3-10 m	2	1-3 m	4		
		Apertura	1-5 mm	1	1-5 mm	1		
		Rugosidad	Suave	1	Ligeramente Rugosa	3		
		Relleno	Relleno duro < 5 mm	4	Relleno duro < 5 mm	4		
		Alteración	Ligeramente alterado	5	Ligeramente alterado	5		
Suma				13		17		
RMR 5	Presencia de agua			Estado Ligeram. húmedo	10	Estado Ligeram. húmedo	10	
				RMR (Basico)	54	Total	67	
6	Buz. Estruct.	31° SW	Val.	-2	RMR (Corregido)	52		65
					RMR (Promedio)		59	
RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)								

$$RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)$$

Fuente: Propio, Excel

Cuadro N° 14. Clasificación RMR de Estación: E02

Rango RMR	Descripción del macizo rocoso	Clase	E02 Clase	E02 Desc.
41-60	Medio	III	II	MEDIO

Fuente: Propio

Cuadro N° 15. Caracterización de Macizo Rocoso – Q (Barton 2002) – Estación: E02

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO - Q (Barton 2002) - E02			
Concepto	Descripción	valor	
1 Calidad de roca	Buena	RQD (%)	88
2 Sistemas de fisuras	Tres sistemas de fisuras	Jn	9
3 Rugosidad de fisuras	Rugosas o irregulares pero planas	Jr	1.5
4 Estado de Fisuras	Paredes ligeramente alteradas, con recubrimiento de minerales inablandable, partículas arenosas, roca triturada sin arcilla	Ja	2
5 Estado de agua en las fisuras	Infiltración a presión mediana con lavado ocasional de los rellenos.	Jw	0.66
6 Reduccion de Esfuerzos	No hay esfuerzos	SRF	1
$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF}$ <p>Q= 4.82</p>			

Fuente: Propio, Excel

Cuadro N°16. Clasificación Q de Estación: E02

Q	Grupo	Clasificación	E02 Grupo	E02 Clasificación
4 - 10	2	Regular	2	REGULAR

Fuente: Propio

Cuadro N°17. Caracterización del macizo rocoso GSI –Hoek de Estación: E02

ROCAS DIACLASADAS (Hoek and Marinos, 2000)

A partir de la litología, estructura y condiciones superficiales de las discontinuidades, se estima un valor promedio del GSI. No se debe tratar de ser muy preciso. Un rango de 33-37 es más realista que un GSI=35. Note que la tabla a macizos estructuralmente controlados por fallas, donde planos estructurales débiles están presentes en una dirección desfavorable con respecto al frente de excavación, estos podrán dominar el comportamiento del macizo rocoso. Las zonas de falla son propensas a la alteración como resultado de los cambios de humedad que pueden reducirse cuando el agua está presente. Cuando trabajamos en rocas de regular o mala calidad, cambian las condiciones por el cambio de humedad. La

E02

CONDICIONES DE SUPERFICIE		DECRECE LA CALIDAD DE LA SUPERFICIE	
MUY BUENAS	BUENAS	REGULAR	POBRE
Superficies muy rugosas, superficies no meteorizadas, frescas	Superficies rugosas, ligeramente meteorizadas, manchadas con hierro	Superficies lisas, moderadamente meteorizadas y alteradas	Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización y rellenos compactos o rellenos de frag.
			MUY POBRE
			Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización con rellenos de arena, grava.

DECRECE EL ENTRAMBAMIENTO DE LOS BLOQUES

INTACTA O MASIVA - Especímenes de roca intacta o masiva in-situ, roca con discontinuidades amplias y espaciadas	FRACTURADA - Macizo rocoso con bloques entrabados, consistente en bloques cúbicos formados por tres intersecciones de	MUY FRACTURADA - Macizo parcialmente perturbado con bloques entrabados y angulares, formados por cuatro o mas	FRACTURADA / PERTURBADA - Macizo rocoso plegado formado por bloques angulares formados por la intersección de varios	DESINTEGRADA - Macizo rocoso altamente fracturado con mezcla de fragmentos angulares y redondeados, pobremente	FOLIADA / LAMINADA - Se carece de bloques debido débil material presente en los planos de foliación o de cizalla
90	80	70	60	50	40
					30
					20
					10
N/A	N/A				

Un ejemplo de uso se muestra con una línea roja que parte de la condición "BUENAS" y "FRACTURADA" (3 intersecciones) para llegar al valor de GSI = 52.

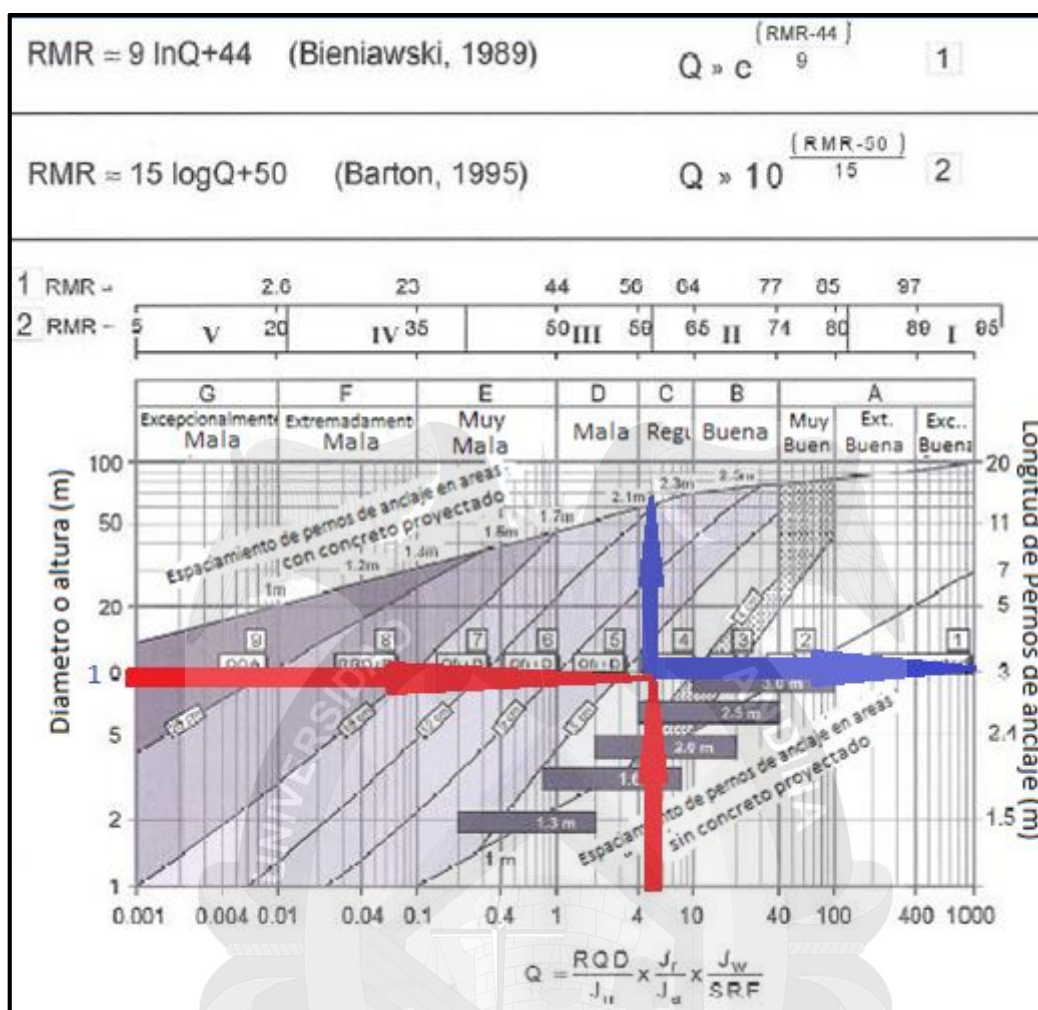
Fuente: Propio

Cuadro N° 18. Clasificación GSI de Estación E02. – Hoek 2002

Estructura de la masa Rocosa	Condición Superficial de la masa rocosa	Valor - Tabla GSI
Moderadamente Fracturada (F)	Masa rocosa Regular (R)	52

Fuente: Propio

Grafica N° 04. Estimación de sostenimiento según Barton y Bieniawski (2008) - E02



Fuente: propio

Cuadro N° 19. Selección de Sostenimiento E02

Datos		Sostenimiento Resultado
Túnel de Carretera	Valor	4: Pernos de Anclaje más Concreto proyectado, 4 a 5 cm. de espesor
Ancho del Túnel	10.20 m	Pernos de Anclaje de Longitud de 3m
Q	4.82	Espaciado a 2.3 m

Fuente: Propio

ESTACIÓN: E03

Cuadro N° 20. Mapeo - Datos de Característica física del Macizo Rocos por Celda o Estación: E03

ESTACIÓN: E03							
COORDENADAS:							
E: 378171		N: 8286445		Z: 3887		UTM,WGS84 Datum	
Calidad de afloramiento:		Excelente					
Litología: Arenisca		Grupo: Izcay					
Cuarzosa							
MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7
Tipo de Plano	J6	J6	J6	J7	J7	J8	J7
dip dir	29	36	34	244	246	309	259
dip	80	81	79	72	71	73	73
ESPACIADO							
> 2000 mm				x	x		
600 - 2000 mm	x	x	x			x	x
200 - 600 mm							
60 - 200 mm							
< 60 mm							
CONTINUIDAD							
< 1 m							
1-3 m		x	x			x	x
3-10 m	x			x	x		
10-20 m							
>20 m							
APERTURA							
Nada							
< 0,1 mm							
0,1-1,0 mm							
1-5 mm	x	x	x	x	x	x	x
> 5 mm							
RUGOSIDAD							
Ondulación	O	O	L	L	L	L	L
JRC	6-8	4-6	2-4	2-4	2-4	2-4	2-4
METEOR. JUNTA							
Grado	2	2	2	2	2	2	3
AGUA							
Seco							
Lig. humedo	x	x	x	x	x	x	x
Humedo							
Goteando							
Fluyendo							
RELLENO							
Naturaleza	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar
Espesor mm	2	1	2	2	2	2	1

CROQUIS DE ESTACIÓN: E03

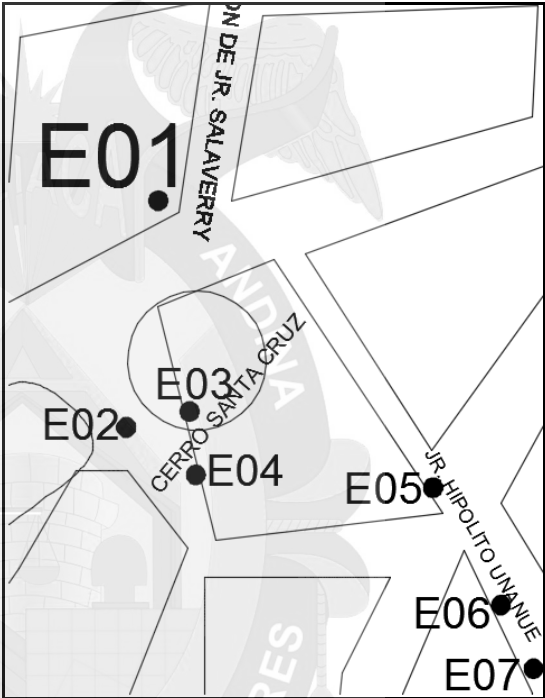

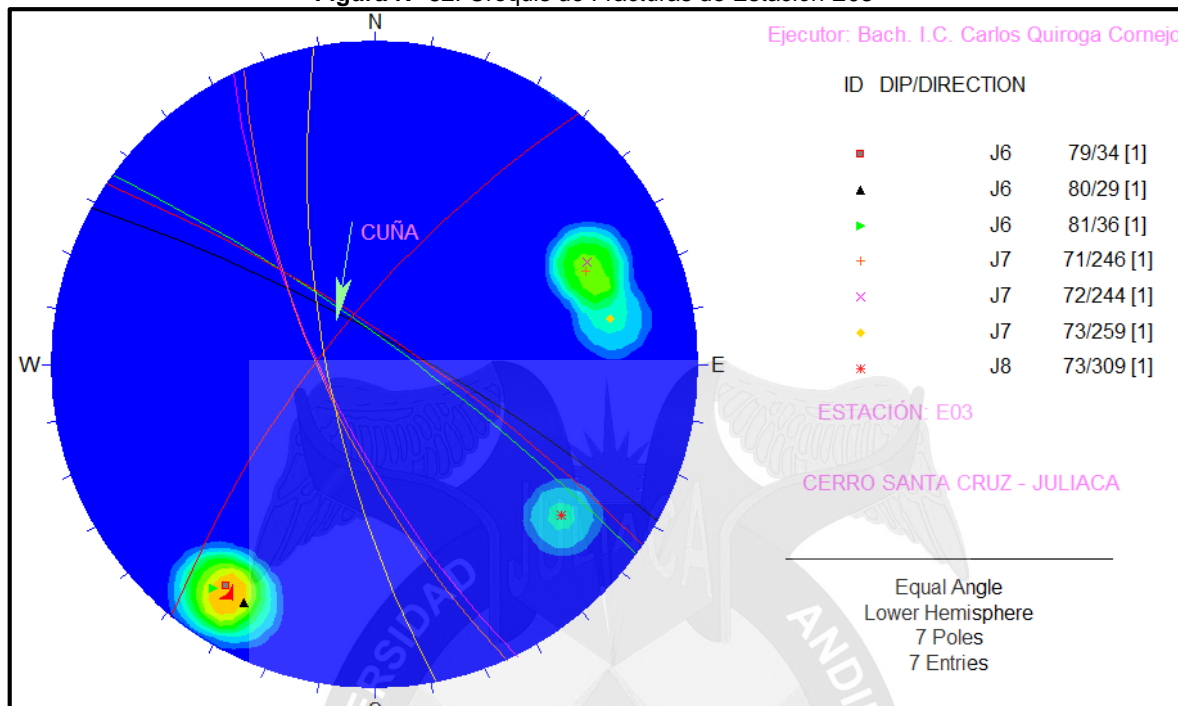


FOTO DE ESTACION: E03



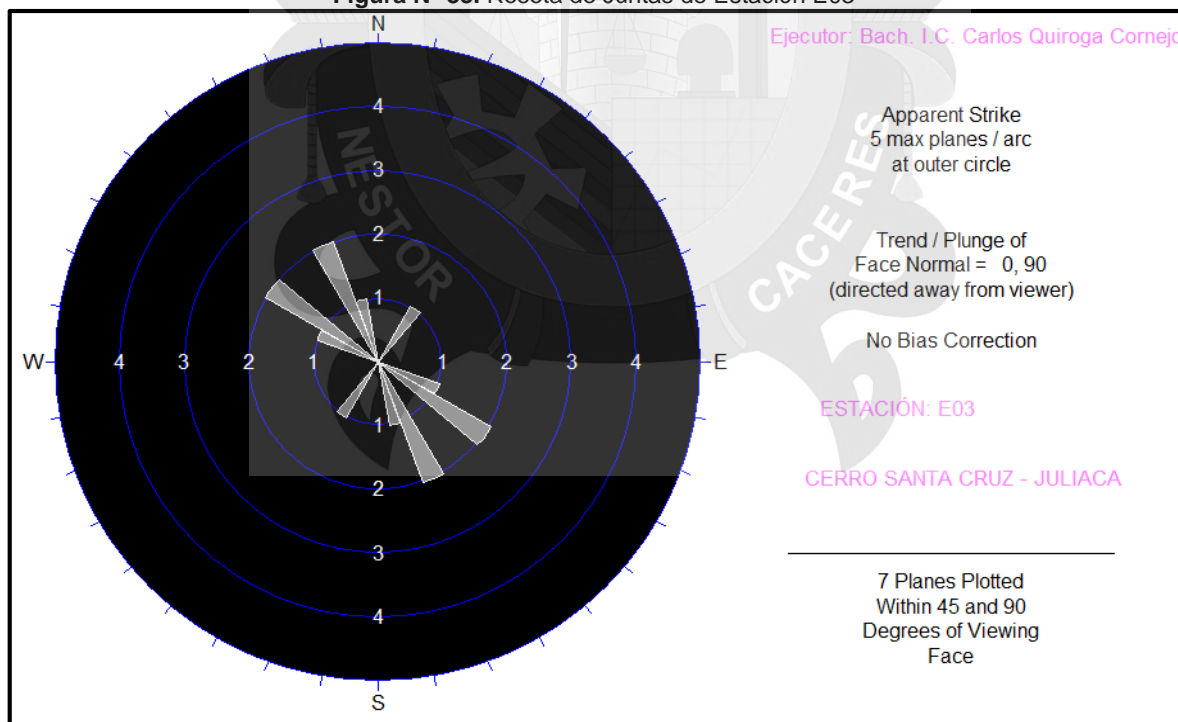
Fuente: Propio

Figura N° 32. Croquis de Fracturas de Estación E03



Fuente: Propio, Software Dips.

Figura N° 33. Roseta de Juntas de Estación E03



Fuente: Propio, Software Dips.

Cuadro N° 21. Caracterización geomecánica RMR de celda o Estación: E03

CARACTERIZACIÓN GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO - RMR (Bieniawski 1989)							
OBTENCIÓN RMR DE ESTACION: E03			VALORACIÓN MINIMA		VALORACIÓN MAXIMA		
			DATOS	VAL.	DATOS	VAL.	
RMR 1	Resistencia a compr. simple o uniaxial (MPa)		5-25 Mpa	2	5-25 Mpa	2	
RMR 2	Fracturas/metro lineal (Σ) RQD		6 88	18	5 91	18	
RMR 3	Espaciado (mm)		600	12	2000	20	
RMR 4	Estado de las juntas	Persistencia	3-10 m	2	3-10 m	2	
		Apertura	1-5 mm	1	1-5 mm	1	
		Rugosidad	Suave	1	Suave	1	
		Relleno	Relleno duro < 5 mm	4	Relleno duro < 5 mm	4	
		Alteración	Ligeramente alterado	5	Ligeramente alterado	5	
		Suma		13		13	
RMR 5	Presencia de agua		Estado Húmedo	7	Estado Húmedo	7	
			RMR(Basico)	52	Total	60	
6	Buz. Estruct.	31° SW Val.	-2	RMR (Corregido)	50		58
				RMR(Promedio)	54		
RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)							

$$RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)$$

Fuente: Propio, Excel

Cuadro N° 22. Clasificación RMR de Estación: E03

Rango RMR	Descripción del macizo rocoso	Clase	E03 Clase	E03 Desc.
41-60	Medio	III	III	MEDIO

Fuente: Propio

Cuadro N° 23. Caracterización de Macizo Rocoso – Q (Barton 2002) – Estación: E03

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO - Q (Barton 2002) - E03			
Concepto	Descripción	valor	
1 Calidad de roca	Buena	RQD (%)	89
2 Sistemas de fisuras	Tres sistemas de fisuras	Jn	9
3 Rugosidad de fisuras	Rugosas o irregulares pero planas	Jr	1.5
4 Estado de Fisuras	Recubrimiento limoso o areno – arcilloso, pequeñas partículas de arcilla (inablandable)	Ja	3
5 Estado de agua en las fisuras	Infiltración a presión mediana con lavado ocasional de los rellenos.	Jw	0.66
6 Reducción de Esfuerzos	No hay esfuerzos	SRF	1
$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$ <p>Q= 3.28</p>			

Fuente: Propio, Excel

Cuadro N°24. Clasificación Q de Estación: E03

Q	Grupo	Clasificación	E03 Grupo	E03 Clasificación
1 - 4	2	Mala	2	MALA

Fuente: Propio

Cuadro N° 25. Caracterización del macizo rocoso GSI –Hoek de Estación E03

<p>ROCAS DIACLASADAS (Hoek and Marinos, 2000)</p> <p>A partir de la litología, estructura y condiciones superficiales de las discontinuidades, se estima un valor promedio del GSI. No se debe tratar de ser muy preciso. Un rango de 33-37 es mas realista que un GSI=35. Note que la tabla a macizos estructuralmente controlados por fallas, donde planos estructurales débiles están presentes en una dirección desfavorable con respecto al frente de excavación, estos podrán dominar el comportamiento del macizo rocoso. Las zonas de falla son propensas a la alteración como resultado de los cambios de humedad que pueden reducirse cuando el agua esta presente. Cuando trabajamos en rocas de regular o mala calidad, cambian las condiciones por el cambio de humedad. La</p>		<p>CONDICIONES DE SUPERFICIE</p> <p>MUY BUENAS Superficies muy rugosas, superficies no meteorizadas, frescas</p> <p>BUENAS Superficies rugosas, ligeramente meteorizadas, manchadas con hierro</p> <p>REGULAR Superficies lisas, moderadamente meteorizadas y alteradas</p> <p>POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización y rellenos compactos o rellenos de frag.</p> <p>MUY POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización con rellenos de arcilla suave.</p>			
		<p>DECRECE LA CALIDAD DE LA SUPERFICIE</p>			
<p>INTACTA O MASIVA - Especímenes de roca intacta o masiva in-situ, roca con discontinuidades amplias y espaciadas</p>	<p>DECRECE EL ENTRABAMIENTO DE LOS BLOQUES</p> <p> <p>FRACTURADA - Macizo rocoso con bloques entrelazados, consistente en bloques cúbicos formados por tres intersecciones de</p> <p> <p>MUY FRACTURADA - Macizo parcialmente perturbado con bloques entrelazados y angulares, formados por cuatro o mas</p> <p> <p>FRACTURADA / PERTURBADA - Macizo rocoso plegado formado por bloques angulares formados por la intersección de varios</p> <p> <p>DESINTEGRADA - Macizo rocoso altamente fracturado con mezcla de fragmentos angulares y redondeados, pobremente</p> <p> <p>FOLIADA / LAMINADA - Se carece de bloques debido débil material presente en los planos de foliación o de cizalla</p> </p></p></p></p></p>	90		N/A	N/A
		80			
		70			
		60			
		50			
		40			
		30			
		20			
		10			
		N/A	N/A		

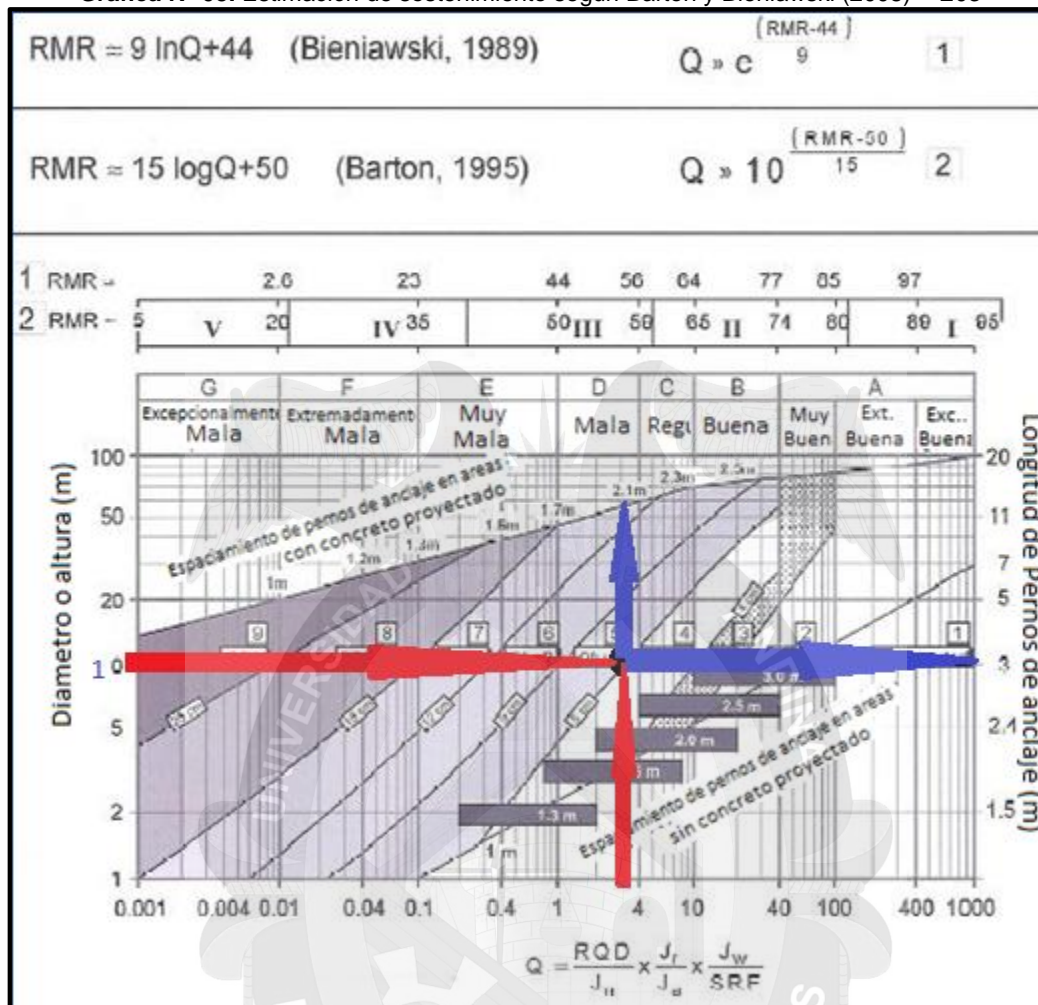
Fuente: Propio.

Cuadro N° 26. Clasificación GSI de Estación E03. – Hoek 2002

Estructura de la masa Rocosa	Condición Superficial de la masa rocosa	Valor - Tabla GSI
Moderadamente Fracturada (F)	Masa rocosa Regular (R)	50

Fuente: Propio

Grafica N° 05. Estimación de sostenimiento según Barton y Bieniawski (2008) – E03



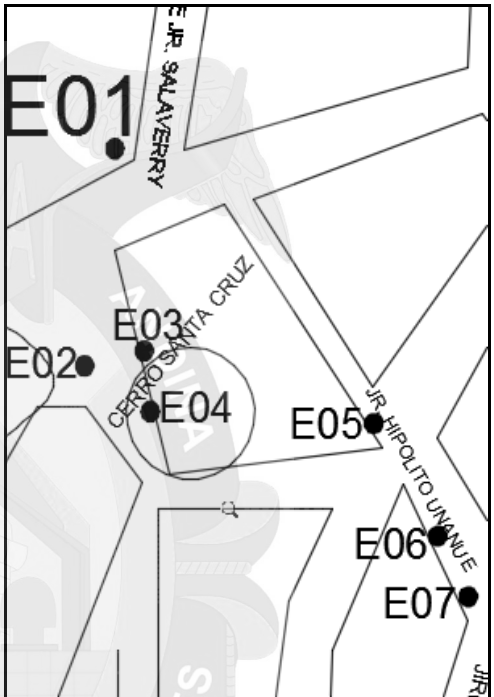

Cuadro N° 27. Selección de Sostenimiento E03

Datos		Sostenimiento Resultado
Túnel de Carretera	Valor	5: Pernos de Anclaje más Concreto proyectado con fibra, 5 a 9 cm. de espesor
Ancho del Túnel	10.20 m	Pernos de Anclaje de Longitud de 3m
Q	3.28	Espaciado a 2.1 m

Fuente: Propio

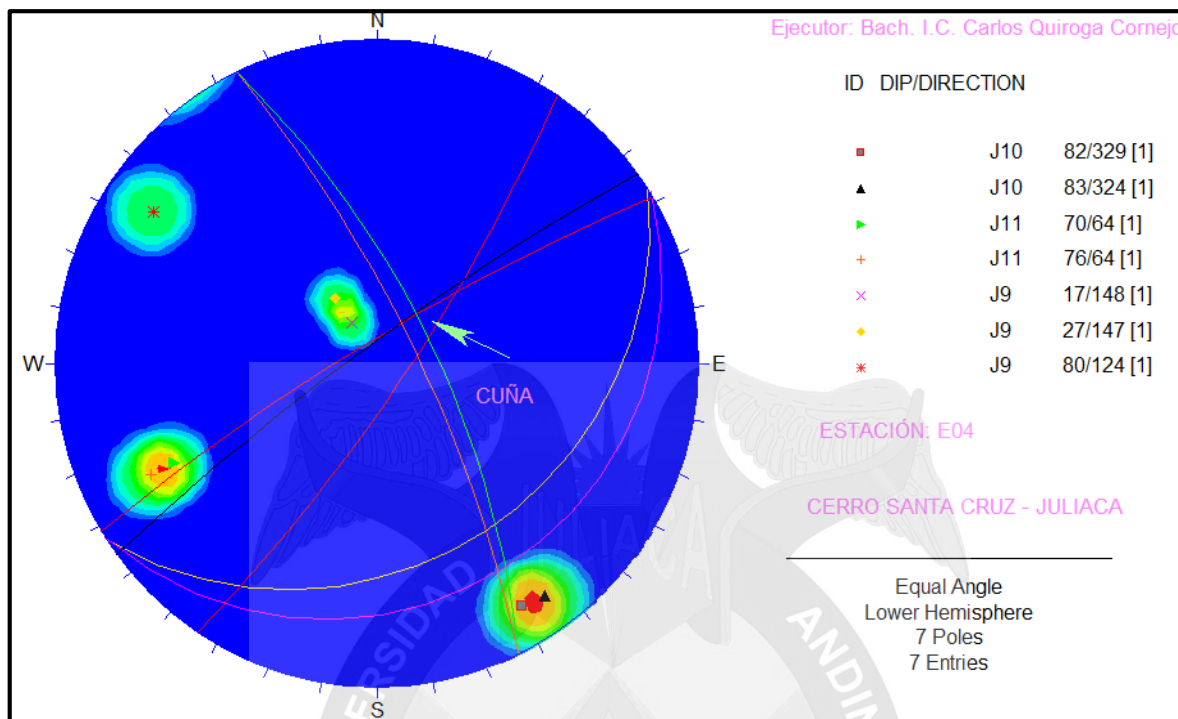
ESTACIÓN: E04

Cuadro N° 28. Mapeo - Datos de Característica física del Macizo Rocoso por Celda o Estación: E04

ESTACIÓN: E04								
COORDENADAS:								
E: 378173	N: 8286425	Z: 3886	UTM,WGS84 Datum					
Calidad de afloramiento: Excelente								
Litología: Arenisca Cuarzosa Grupo: Izcay								
MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	CROQUIS DE ESTACIÓN: E04
Tipo de Plano	J9	J9	J10	J10	J10	J11	J11	
dip dir	147	148	124	329	324	64	64	
dip	27	17	80	82	83	70	76	
ESPACIADO								
> 2000 mm								
600 - 2000 mm	x	x		x	x	x	x	
200 - 600 mm			x					
60 - 200 mm								
< 60 mm								
CONTINUIDAD								
< 1 m								
1-3 m						x	x	
3-10 m			x	x	x			
10-20 m								
>20 m	x	x						FOTO DE ESTACION: E04
APERTURA								
Nada								
< 0,1 mm								
0,1-1,0 mm								
1-5 mm	x	x	x	x	x	x	x	
> 5 mm								
RUGOSIDAD								
Ondulación	R	O	L	L	R	L	R	
JRC	6-8	4-6	2-4	2-4	8-10	2-4	8-10	
METEOR. JUNTA								
Grado	2	2	2	2	2	2	3	
AGUA								
Seco								
Lig. humedo								
Humedo	x	x	x	x	x	x	x	
Goteando								
Fluyendo								
RELLENO								
Naturaleza	limo	ar-li	li-ar	li-ar	di-ar	nada	l-a-d	
Espesor mm	2	2	1	1	4	0	4	

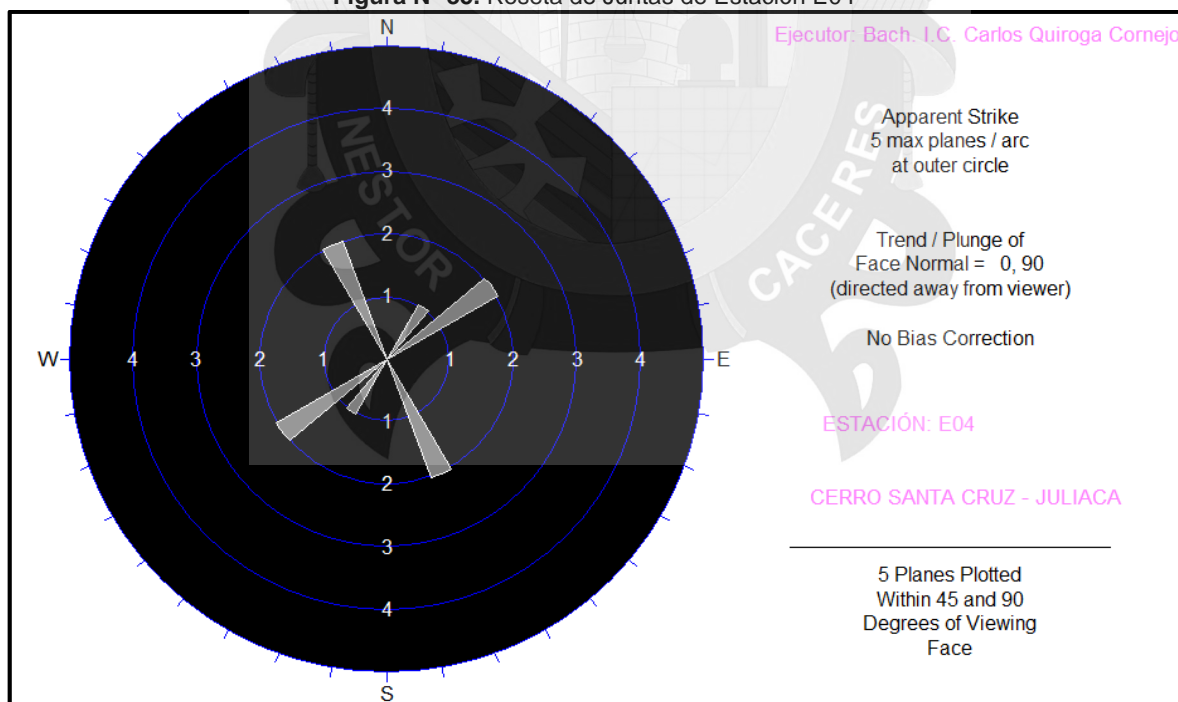
Fuente: Propio

Figura N° 34. Croquis de Fracturas de Estación E04



Fuente: Propio, Software Dips.

Figura N° 35. Roseta de Juntas de Estación E04



Fuente: Propio, Software Dips.

Cuadro N° 29. Caracterización geomecanica RMR de celda o Estación: E04

CARACTERIZACIÓN GEOMECHANICA DEL MACIZO ROCOSO - RMR (Bieniawski 1989)							
OBTENCIÓN DE RMR DE ESTACION: E04				VALORACIÓN MINIMA		VALORACIÓN MAXIMA	
				DATO S		VAL.	
				DATO S		VAL.	
1	Resistencia a compr. Simple o uniaxial (MPa)			5-25 Mpa	2	5-25 Mpa	2
2	Fracturas/metro lineal (J.) RQD			12 66	13	10 74	15
3	Espaciado (mm)			200	8	600	12
4	Estado de las juntas	Persistencia		>20 m	0	3-10 m	2
		Apertura		1-5 mm	1	1-5 mm	1
		Rugosidad		Pulido	0	Ligeramente Rugosa	3
		Relleno		Relleno duro < 5 mm	4	Relleno duro < 5 mm	4
		Alteración		Ligeramente alterado	5	Ligeramente alterado	5
		Suma			10		15
5	Presencia de agua			Estado Goteando	4	Estado Goteando	4
				RMR (Basico)	37		48
6	Buz. Estruct.	31° SW	Val.	-2	RMR (Corregido)	35	46
					RMR (Promedio)	41	
RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)							

Fuente: Propio, Excel

Cuadro N° 30. Clasificación RMR de Estación: E04

Rango RMR	Descripción del macizo rocoso	Clase	E04 Clase	E04 Desc.
41-60	Medio	III	III	MEDIO

Fuente: Propio

Cuadro N° 31. Caracterización de Macizo Rocoso – Q(Barton 2002) – Estación: E04

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO - Q (Barton 2002) - E04			
Concepto	Descripción	valor	
1 Calidad de roca	Regular	RQD (%)	70
2 Sistemas de fisuras	Tres sistemas de fisuras + una aislada	Jn	12
3 Rugosidad de fisuras	Rugosas o irregulares pero planas	Jr	1.5
4 Estado de Fisuras	Relleno de minerales arcillosos de consolidación media o baja (continuos, < 5mm. de espesor)	Ja	8
5 Estado de agua en las fisuras	Infiltración a presión mediana con lavado ocasional de los rellenos.	Jw	0.66
6 Reducción de Esfuerzos	No hay esfuerzos	SRF	1
$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$ <p>Q= 0.72</p>			

Fuente: Propio, Excel

Cuadro N° 32. Clasificación Q de Estación: E04

Q	Grupo	Clasificación	E04 Grupo	E04 Clasificación
0.1 - 1	2	Muy mala	2	MUY MALA

Fuente: Propio

Cuadro N° 33. Caracterización del macizo rocoso GSI –Hoek de Estación E04

<p>ROCAS DIACLASADAS (Hoek and Marinos, 2000)</p> <p>Apartir de la litología, estructura y condiciones superficiales de las discontinuidades, se estima un valor promedio del GSI. No se debe tratar de ser muy preciso. Un rango de 33-37 es mas realista que un GSI=35. Note que la tabla a macizos estructuralmente controlados por fallas, donde planos estructurales débiles están presentes en una dirección desfavorable con respecto al frente de excavación, estos podrán dominar el comportamiento del macizo rocoso. Las zonas de falla son propensas a la alteración como resultado de los cambios de humedad que pueden reducirse cuando el agua esta presente. Cuando trabajamos en rocas de regular o mala calidad, cambian las condiciones por el cambio de humedad. La</p>		<p>E04</p>	
<p>CONDICIONES DESUPERFICIE</p>		<p>MUY BUENAS Superficies muy rugosas, superficies no meteorizadas, frescas</p>	
<p>BUENAS Superficies rugosas, ligeramente meteorizadas, manchadas con hierro</p>		<p>REGULAR Superficies lisas, moderadamente meteorizadas y alteradas</p>	
<p>POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización y rellenos compactos o rellenos de frag.</p>		<p>MUY POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización con rellenos de arcilla suave.</p>	
<p>DECRECE LA CALIDAD DE LA SUPERFICIE</p>		<p>DECRECE EL ENTRAMBAMIENTO DE LOS BLOQUES</p>	
<p>INTACTA O MASIVA - Especímenes de roca intacta o masiva in-situ, roca con discontinuidades amplias y espaciadas</p>		<p>90</p>	
<p>FRACTURADA - Macizo rocoso con bloques entabados, consistente en bloques cúbicos formados por tres intersecciones de</p>		<p>80</p>	
<p>MUY FRACTURADA - Macizo parcialmente perturbado con bloques entabados y angulares, formados por cuatro o mas</p>		<p>70</p>	
<p>FRACTURADA / PERTURBADA - Macizo rocoso plegado formado por bloques angulares formados por la intersección de varios</p>		<p>60</p>	
<p>DESINTEGRADA - Macizo rocoso altamente fracturado con mezcla de fragmentos angulares y redondeados, pobremente</p>		<p>50</p>	
<p>FOLIADA / LAMINADA - Se carece de bloques debido débil material presente en los planos de foliación o de cizalla</p>		<p>40</p>	
<p>10</p>		<p>N/A</p>	
<p>N/A</p>		<p>N/A</p>	

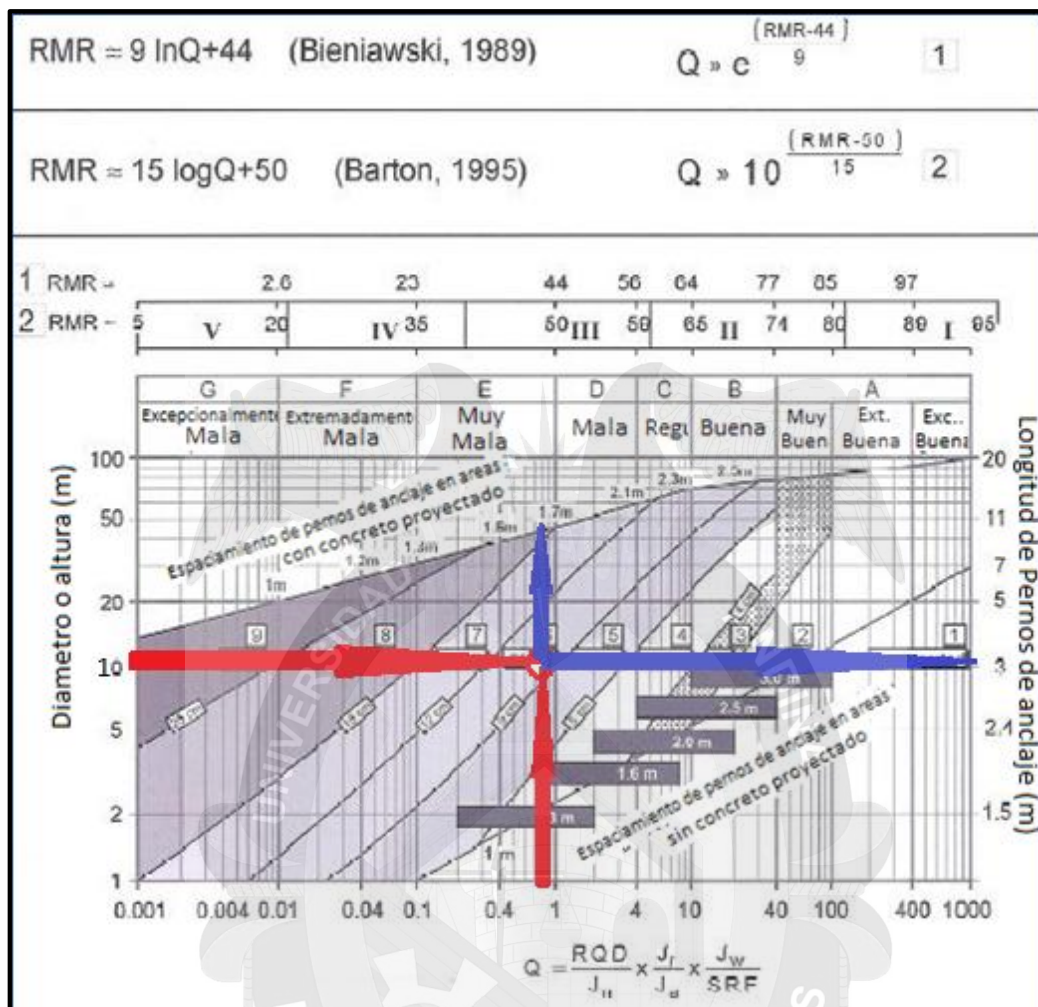
Fuente: Propio

Cuadro N° 34. Clasificación GSI de Estación E04. – Hoek 2002

Estructura de la masa Rcosa	Condición Superficial de la masa rocosa	Valor - Tabla GSI
Moderadamente Fracturada (F)	Masa rocosa Regular (R)	44

Fuente: Propio

Grafica N° 06. Estimación de sostenimiento según Barton y Bieniawski (2008) - E04



Fuente: Propio

Cuadro N° 35. Selección de Sostenimiento E04

Datos		Sostenimiento Resultado
Túnel de Carretera	Valor	6:Pernos de Anclaje más Concreto proyectado con fibra, 9 a12 cm. de espesor
Ancho del Túnel	10.20 m	Pernos de Anclaje de Longitud de 3m
Q	0.72	Espaciado a 1.70 m

Fuente: Propio

ESTACION: E05

Cuadro N° 36. Mapeo - Datos de Característica física del Macizo Rocos por Celda o Estación: E05

ESTACIÓN: E05

COORDENADAS:

E: 378248

N: 8286421

Z: 3865

UTM,WGS84 Datum

Calidad de afloramiento:

Excelente

Litología: Arenisca Cuarzosa

Grupo: Izcay

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6
Tipo de Plano	J12	J12	J13	J13	J14	J14
dip dir	180	177	340	339	44	54
dip	85	84	82	82	75	78
ESPACIADO						
> 2000 mm						
600 - 2000 mm					x	
200 - 600 mm		x				x
60 - 200 mm	x		x	x		
< 60 mm						
CONTINUIDAD						
< 1 m						
1-3 m					x	x
3-10 m	x	x	x	x		
10-20 m						
>20 m						
APERTURA						
Nada						
< 0,1 mm						
0,1-1,0 mm						
1-5 mm	x	x	x	x	x	x
> 5 mm						
RUGOSIDAD						
Ondulación	O	O	O	O	O	O
JRC	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6
METEOR. JUNTA						
Grado	2	2	2	2	2	3
AGUA						
Seco	x	x	x			x
Lig. humedo						
Humedo				x	x	
Goteando						
Fluyendo						
RELLENO						
Naturaleza	arc	arc	arc	arc	nada	arc
Espesor mm	2	2	2	2	0	2

CROQUIS DE ESTACIÓN: E05

FOTO DE ESTACION: E05

CROQUIS DE ESTACIÓN: E05

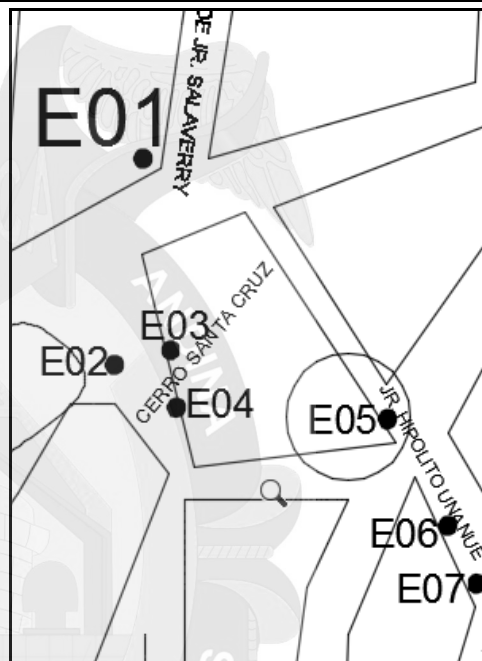
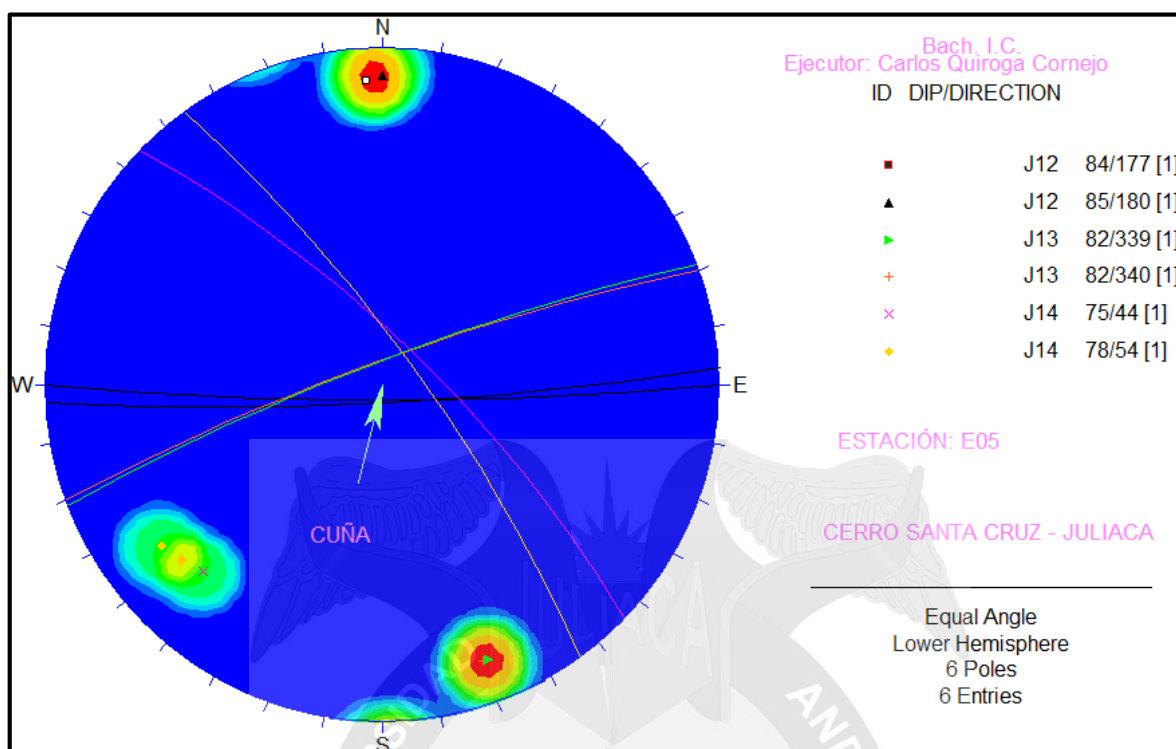


FOTO DE ESTACION: E05



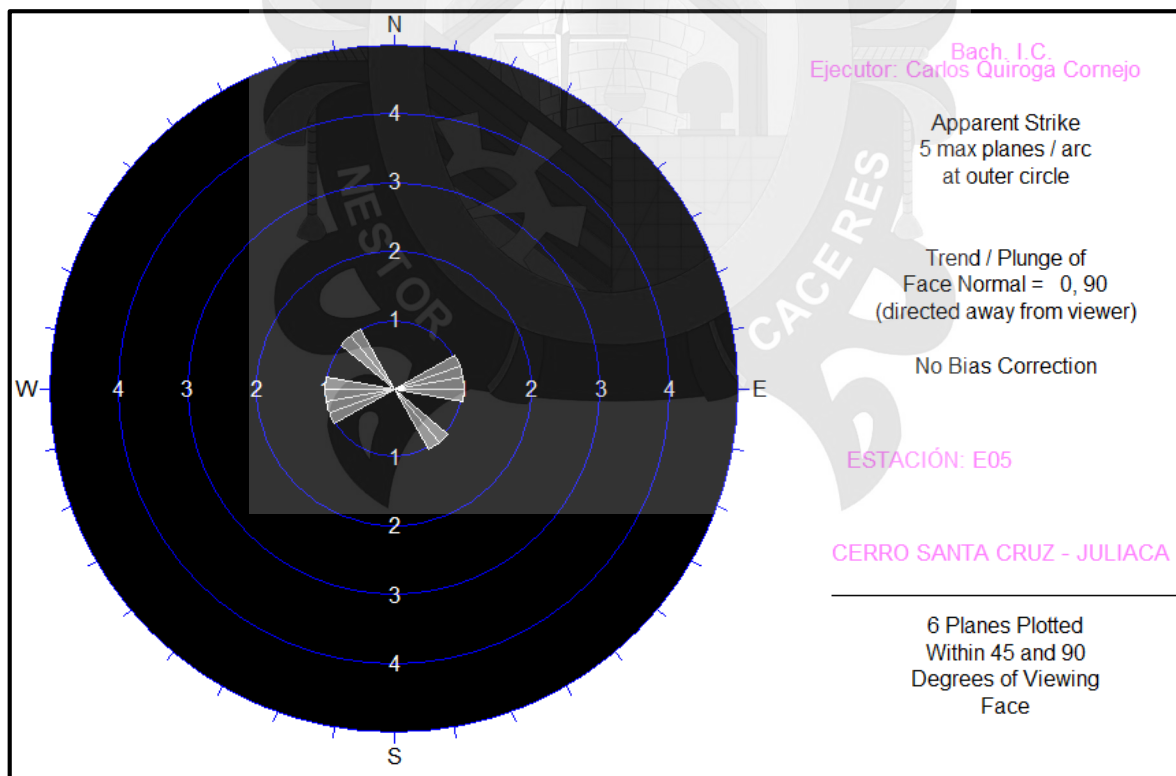
Fuente: Propio

Figura N° 36. Croquis de Fracturas de Estación E05



Fuente: Propio, Software Dips.

Figura N° 37. Roseta de Juntas de Estación E05



Fuente: Propio, Software Dips

Cuadro N° 37. Caracterización geomecánica RMR de celda o Estación N° 05

CARACTERIZACIÓN GEOMECAICA DEL MACIZO ROCOSO - RMR						
(Bieniawski 1989)						
OBTENCIÓN DE RMR DE E STACION: E05			VALORACIÓN MINIMA		VALORACIÓN MAXIMA	
			DATO S	VAL.	DATO S	VAL.
1	Resistencia a compr. simple o uniaxial(MPa)		5-25 Mpa	2	5-25 Mpa	2
2	Fracturas/metro lineal (Σ) RQD		8 81	16	8 81	16
3	Espaciado (mm)		60	6	600	12
4	Estado de las juntas	Persistencia	3-10 m	2	1-3 m	4
		Apertura	1-5 mm	1	1-5 mm	1
		Rugosidad	Ligeramente Rugosa	3	Ligeramente Rugosa	3
		Relleno	Relleno duro < 5 mm	4	Ninguno	6
		Alteración	Ligeramente alterado	5	Ligeramente alterado	5
		Suma		15		19
5	Presencia de agua		Estado Húmedo	7	Estado Seco	15
			RMR (Basico)	46		64
6	Buz. Estruct.	31° SW	Val.	-2	RMR (Corregido)	44
				RMR (Promedio)		53
RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)						

Fuente: Propio, Excel

Cuadro N° 38. Clasificación RMR de Estación: E05

Rango RMR	Descripción del macizo rocoso	Clase	E05 Clase	E05 Desc.
41-60	Medio	III	III	MEDIO

Fuente: Propio

Cuadro N°39. Caracterización de Macizo Rocoso – Q(Barton 2002) – Estación: E05

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO - Q (Barton 2002) - E05			
Concepto	Descripción	valor	
1 Calidad de roca	Regular	RQD (%)	81
2 Sistemas de fisuras	Tres sistemas de fisuras	Jn	9
3 Rugosidad de fisuras	Rugosas o irregulares pero planas	Jr	1.5
4 Estado de Fisuras	Recubrimiento limoso o areno – arcilloso, pequeñas partículas de arcilla (inablandable)	Ja	3
5 Estado de agua en las fisuras	Infiltración a presión mediana con lavado ocasional de los rellenos.	Jw	0.66
6 Reduccion de Esfuerzos	No hay esfuerzos	SRF	1
$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$ <p>Q= 2.97</p>			

Fuente: Propio, Excel

Cuadro N° 40. Clasificación Q de Estación: E05

Q	Grupo	Clasificación	E05 Grupo	E05 Clasificación
1 - 4	2	Mala	2	MALA

Fuente: Propio

Cuadro N°41. Caracterización del macizo rocoso GSI –Hoek de Estación E05

<p>ROCAS DIACLASADAS (Hoek and Marinos, 2000)</p> <p>Apartir de la litología, estructura y condiciones superficiales de las discontinuidades, se estima un valor promedio del GSI. No se debe tratar de ser muy preciso. Un rango de 33-37 es mas realista que un GSI=35. Note que la tabla a macizos estructuralmente controlados por fallas, donde planos estructurales débiles están presentes en una dirección desfavorable con respecto al frente de excavación, estos podrán dominar el comportamiento del macizo rocoso. Las zonas de falla son propensas a la alteración como resultado de los cambios de humedad que pueden reducirse cuando el agua esta presente. Cuando trabajamos en rocas de regular o mala calidad, cambian las condiciones por el cambio de humedad. La</p>		<p>E05</p>	
<p>CONDICIONES DE SUPERFICIE</p>		<p>MUY BUENAS Superficies muy rugosas, superficies no meteorizadas, frescas</p> <p>BUENAS Superficies rugosas, ligeramente meteorizadas, manchadas con hierro</p> <p>REGULAR Superficies lisas, moderadamente meteorizadas y alteradas</p> <p>POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización y rellenos compactos o rellenos de frag.</p> <p>MUY POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización con rellenos de arcilla suave.</p>	
<p>DECRECE LA CALIDAD DE LA SUPERFICIE →</p>		<p>→</p>	
<p>INTACTA O MASIVA - Especímenes de roca intacta o masiva in-situ, roca con discontinuidades amplias y espaciadas</p>		90	N/A
<p>FRACTURADA - Macizo rocoso con bloques entrabados, consistente en bloques cúbicos formados por tres intersecciones de</p>		80	N/A
<p>MUY FRACTURADA - Macizo parcialmente perturbado con bloques entrabados y angulares, formados por cuatro o mas</p>		70	N/A
<p>FRACTURADA / PERTURBADA - Macizo rocoso plegado formado por bloques angulares formados por la intersección de varios</p>		60	50
<p>DESINTEGRADA - Macizo rocoso altamente fracturado con mezcla de fragmentos angulares y redondeados, pobremente</p>		50	40
<p>FOLIADA / LAMINADA - Se carece de bloques debido débil material presente en los planos de foliación o de cizalla</p>		40	30
<p>DECRESE EL ENTRABAMIENTO DE LOS BLOQUES ↓</p>		30	20
<p>↓</p>		20	10
<p>N/A</p>		N/A	N/A

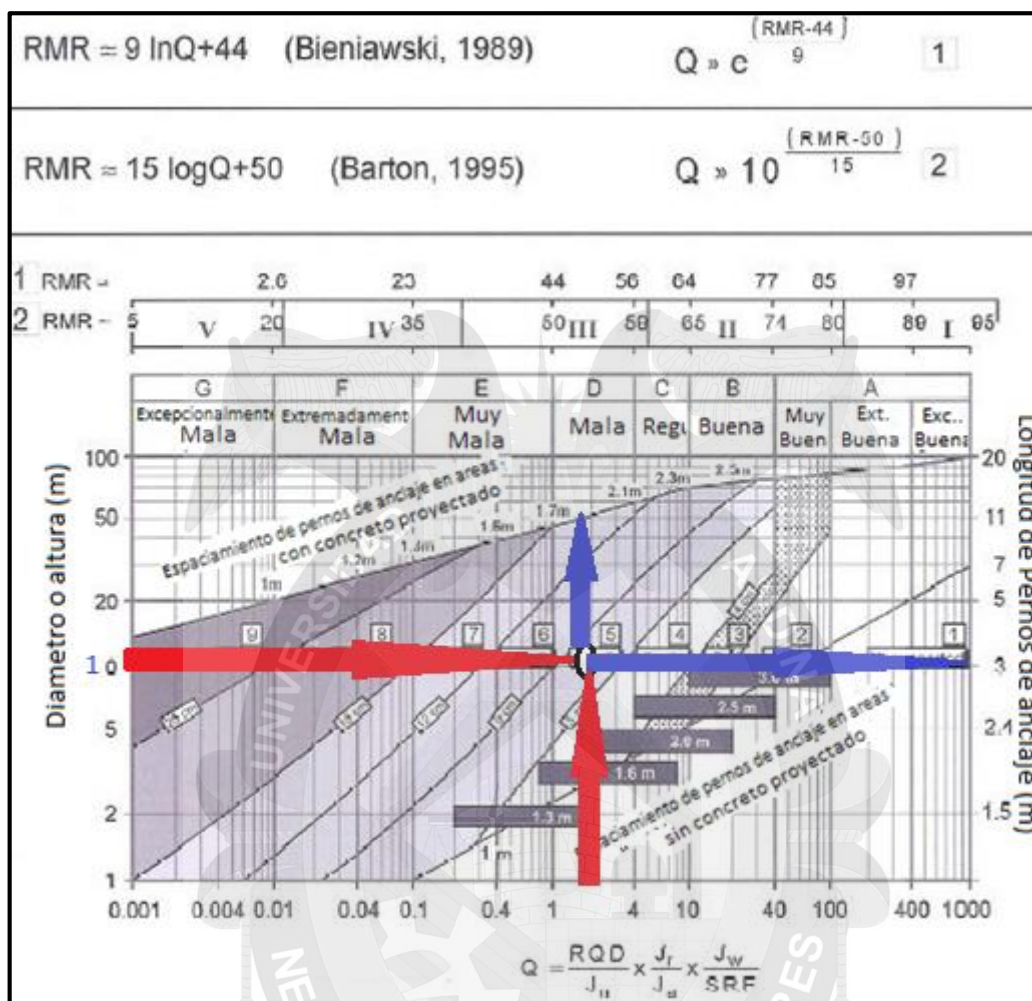
Fuente: Propio.

Cuadro N° 42. Clasificación GSI de Estación E05. – Hoek 2002

Estructura de la masa Rocosa	Condición Superficial de la masa rocosa	Valor - Tabla GSI
Moderadamente Fracturada (F)	Masa rocosa Regular (R)	50

Fuente: Propio

Gráfica N° 07. Estimación de sostenimiento según Barton y Bieniawski (2008) – E05



Fuente: Propio

Cuadro N°43. Selección de Sostenimiento E05

Datos		Sostenimiento Resultado
Túnel de Carretera	Valor	5: Pernos de Anclaje más Concreto proyectado con fibra, 5 a 9 cm. de espesor
Ancho del Túnel	10.20 m	Pernos de Anclaje de Longitud de 3m
Q	2.97	Espaciado a 1.70 m

Fuente: Propio

ESTACION: E06

Cuadro N° 44. Mapeo - Datos de Característica física del Macizo Rocoso por Celda o Estación: E06

ESTACIÓN: E06				
COORDENADAS:				
E: 378269	N: 8286384	Z: 3856	UTM,WGS84 Datum	
Calidad de afloramiento:		Excelente		
Litología: Arenisca Cuarzosa		Grupo: Izcay		
MEDIDAS	1	2	3	4
Tipo de Plano	J15	J15	J16	J17
dip dir	54	60	29	196
dip	55	51	85	50
ESPACIADO				
> 2000 mm				
600 - 2000 mm				
200 - 600 mm	x	x	x	x
60 - 200 mm				
< 60 mm				
CONTINUIDAD				
< 1 m				
1-3 m				
3-10 m	x	x	x	x
10-20 m				
>20 m				
APERTURA				
Nada				
< 0,1 mm				
0,1-1,0 mm				
1-5 mm	x	x	x	x
> 5 mm				
RUGOSIDAD				
Ondulación	O	O	O	L
JRC	6-8	6-8	6-8	2-4
METEOR. JUNTA				
Grado	2	2	2	3
AGUA				
Seco	x	x	x	x
Lig. humedo				
Humedo				
Goteando				
Fluyendo				
RELLENO				
Naturaleza	ar-li	ar-li	nada	nada
Espesor mm	2	2	s/r	s/r

CROQUIS DE ESTACIÓN: E06

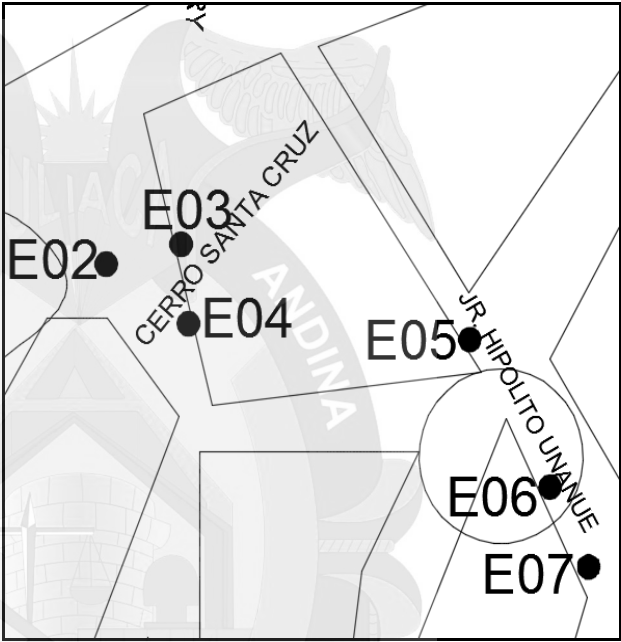

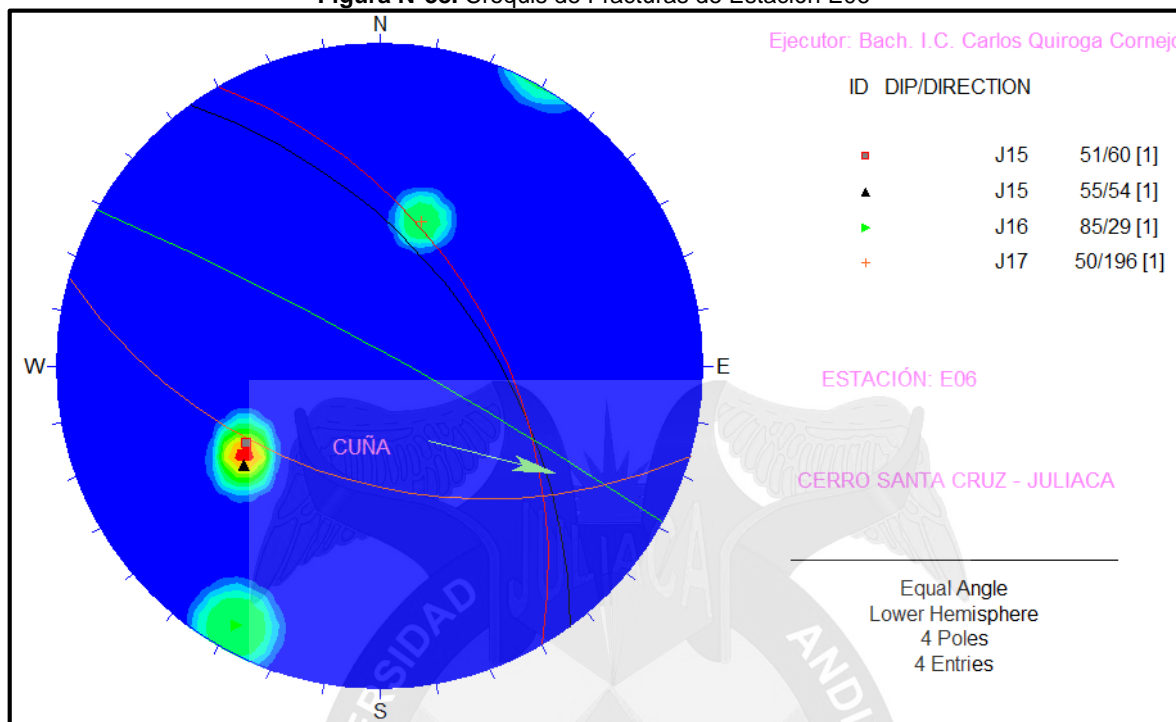


FOTO DE ESTACION: E06



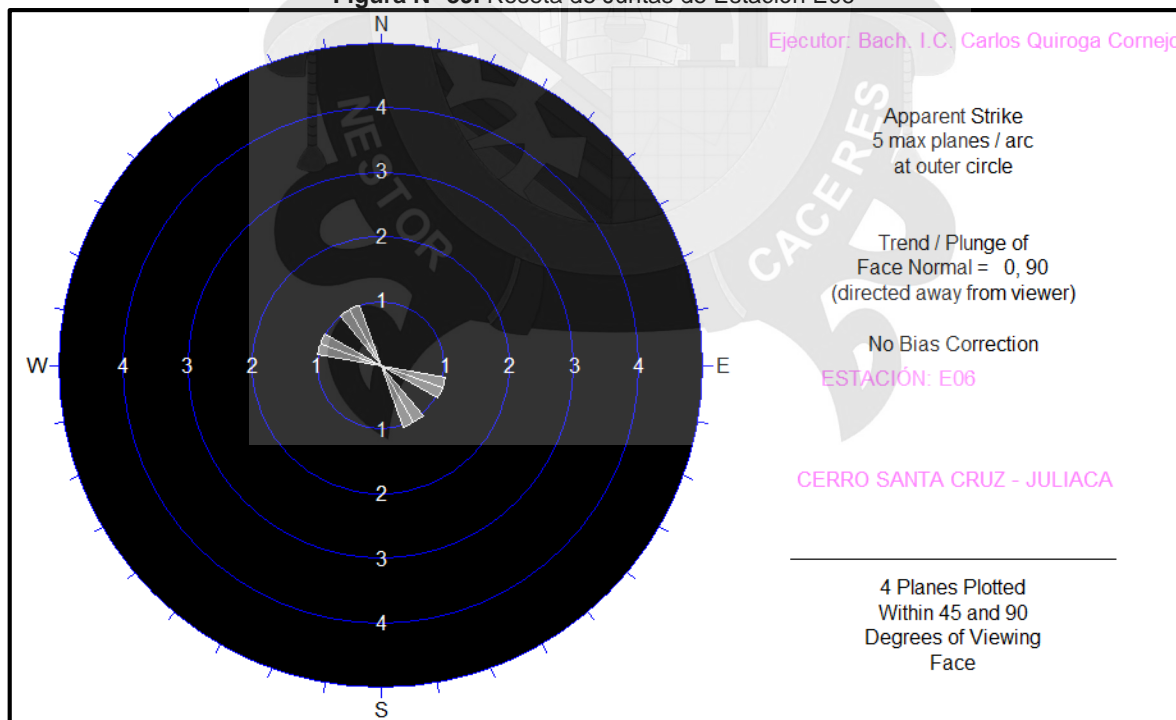
Fuente: Propio

Figura N°38. Croquis de Fracturas de Estación E06



Fuente: Propio, Software Dips.

Figura N° 39. Roseta de Juntas de Estación E06



Fuente: Propio, Software Dips.

Cuadro N° 45. Caracterización geomecánica RMR de celda o Estación N° 06

Cuadro N.º 4: Caracterización geomecánica RMR de Corda 5 Estación IV - 00

CARACTERIZACIÓN GEOMECAICA DEL MACIZO ROCOSO - RMR
 (Bieniawski 1989)

OBTENCIÓN DE RMR, ESTACION: E06				VALORACIÓN MINIMA		VALORACION MAXIMA	
				DATO S	VAL.	DATO S	VAL.
1	Resistencia a compr. Simple o uniaxial (MPa)			5-25 Mpa	2	5-25 Mpa	2
2	Fracturas/metro lineal (L) RQD			7 84	17	6 88	18
3	Espaciado (mm)			200	8	600	12
4	Estado de las juntas	Persistencia		3-10 m	2	3-10 m	2
		Apertura		1-5 mm	1	1-5 mm	1
		Rugosidad		Suave	1	Ligeramente Rugosa	3
		Relleno		Relleno duro < 5 mm	4	Ninguno	6
		Alteración		Ligeramente alterado	5	Ligeramente alterado	5
		Suma			13		17
5	Presencia de agua			Estado Húmedo	7	Estado Húmedo	7
				RMR (Basico)	47		56
6	Buz. Estruct.	31° SW	Val.	-2	RMR (Corregido)	45	
				RMR (Promedio)		50	

RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)

$$RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)$$

Fuente: Propio, Excel

Cuadro N° 46. Clasificación RMR de Estación: E06

Rango RMR	Descripción del macizo rocoso	Clase	E06 Clase	E06 Desc.
41-60	Medio	III	III	MEDIO

Fuente: Propio

Cuadro N° 47. Caracterización de Macizo Rocoso – Q (Barton 2002) – Estación: E06

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO - Q (Barton 2002) - E06			
Concepto	Descripción	valor	
1 Calidad de roca	Regular	RQD (%)	84
2 Sistemas de fisuras	Tres sistemas de fisuras	Jn	9
3 Rugosidad de fisuras	Rugosas o irregulares pero planas	Jr	1.5
4 Estado de Fisuras	Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcilla, etc.	Ja	4
5 Estado de agua en las fisuras	Infiltración a presión mediana con lavado ocasional de los rellenos.	Jw	0.66
6 Reducción de Esfuerzos	No hay esfuerzos	SRF	1
$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$ <p>Q= 2.31</p>			







Fuente: Propio, Excel

Cuadro N° 48. Clasificación Q de Estación: E06

Q	Grupo	Clasificación	E06 Grupo	E06 Clasificación
1 - 4	2	Mala	2	MALA

Fuente: Propio

Cuadro N° 49. Caracterización del macizo rocoso GSI –Hoek (2002) de Estación E06

ROCAS DIACLASADAS (Hoek and Marinos, 2000)		E06	CONDICIONES DE SUPERFICIE		DECRECE LA CALIDAD DE LA SUPERFICIE		
A partir de la litología, estructura y condiciones superficiales de las discontinuidades, se estima un valor promedio del GSI. No se debe tratar de ser muy preciso. Un rango de 33-37 es mas realista que un GSI=35. Note que la tabla a macizos estructuralmente controlados por fallas, donde planos estructurales débiles están presentes en una dirección desfavorable con respecto al frente de excavación, estos podrán dominar el comportamiento del macizo rocoso. Las zonas de falla son propensas a la alteración como resultado de los cambios de humedad que pueden reducirse cuando el agua esta presente. Cuando trabajamos en rocas de regular o mala calidad, cambian las condiciones por el cambio de humedad. La			MUY BUENAS Superficies muy rugosæ, superficies no meteorizadæ, frescæ	BUENAS Superficies rugosæ, ligeramente meteorizadæ, manchadæ con hierro	REGULAR Superficies isæ, moderadamente meteorizadæ y alteradæ	POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización y rellenos compactos o rellenos de frag.	MUY POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización con rellenos de arcilla suave.
	INTACTA O MASIVA - Especímenes de roca intacta o masiva in-situ, roca con discontinuidades amplias y espaciadas					N/A	N/A
	FRACTURADA - Macizo rocoso con bloques entrabados, consistente en bloques cúbicos formados por tres intersecciones de						
	MUY FRACTURADA - Macizo parcialmente perturbado con bloques entrabados y angulares, formados por cuatro o mas						
	FRACTURADA / PERTURBADA - Macizo rocoso plegado formado por bloques angulares formados por la intersección de varios						
	DESINTEGRADA - Macizo rocoso altamente fracturado con mezcla de fragmentos angulares y redondeados, pobremente						
	FOLIADA / LAMINADA - Se carece de bloques debido débil material presente en los planos de foliación o de cizalla						

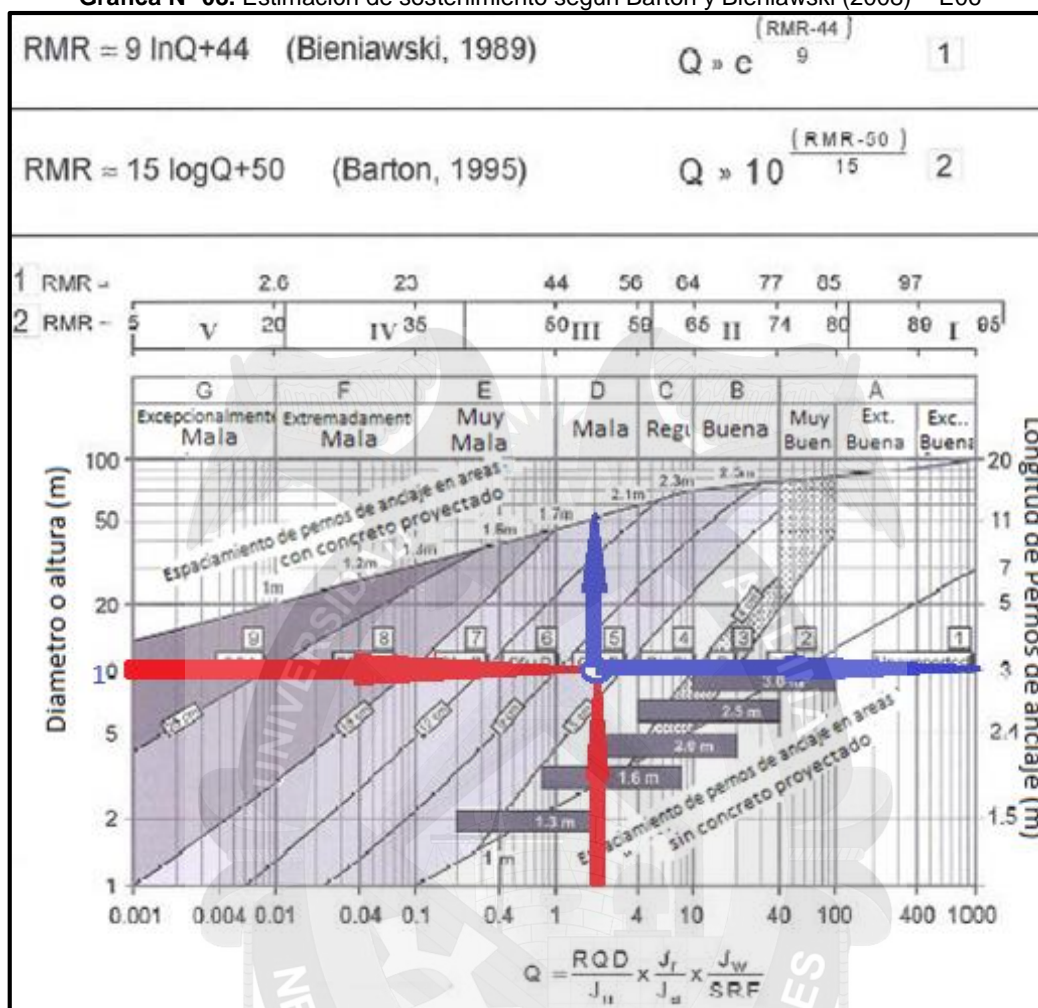
Fuente: Propio.

Cuadro N° 50. Clasificación GSI de Estación E06. – Hoek 2002

Estructura de la masa Rocosa	Condición Superficial de la masa rocosa	Valor - Tabla GSI
Moderadamente Fracturada (F)	Masa rocosa Regular (R)	49

Fuente: Propio

Gráfica N° 08. Estimación de sostenimiento según Barton y Bieniawski (2008) – E06



Cuadro N° 51. Selección de Sostenimiento E06

Datos		Sostenimiento Resultado
Túnel de Carretera	Valor	5: Pernos de Anclaje más Concreto proyectado con fibra, 5 a 9 cm. de espesor
Ancho del Túnel	10.20 m	Pernos de Anclaje de Longitud de 3m
Q	2.31	Espaciado a 1.70 m

Fuente: Propio

ESTACION: E07

Cuadro N° 52. Mapeo - Datos de Característica física del Macizo Rocoso por Celda o Estación: E07

ESTACIÓN: E07				
COORDENADAS:				
E: 378280	N: 8286364	Z: 3849	UTM,WGS84 Datum	
Calidad de afloramiento:		Excelente		
Litología: Arenisca Cuarzosa		Grupo: Izcay		
MEDIDAS	1	2	3	4
Tipo de Plano	J18	J19	J20	J19
dip dir	267	8	59	14
dip	76	44	24	22
ESPACIADO				
> 2000 mm				
600 - 2000 mm	x			
200 - 600 mm		x		
60 - 200 mm			x	x
< 60 mm				
CONTINUIDAD				
< 1 m				
1-3 m				
3-10 m	x	x	x	x
10-20 m				
>20 m				
APERTURA				
Nada				
< 0,1 mm				
0,1-1,0 mm				
1-5 mm	x	x	x	
> 5 mm				x
RUGOSIDAD				
Ondulación	O	O	R	O
JRC	4-6	4-6	6-8	4-6
METEOR. JUNTA				
Grado	2	2	2	3
AGUA				
Seco		x	x	x
Lig. humedo	x			
Humedo				
Goteando				
Fluyendo				
RELLENO				
Naturaleza	arc	arc	arc	arc
Espesor mm	2	2	2	3

CROQUIS DE ESTACIÓN: E07

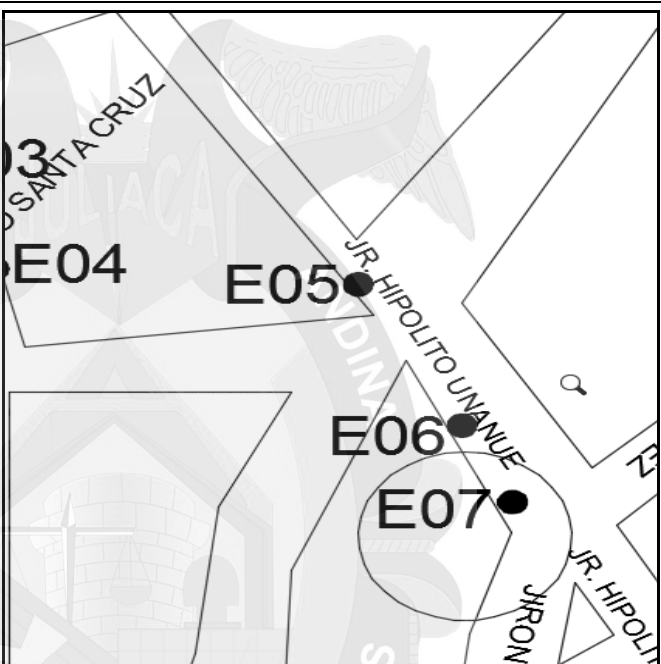
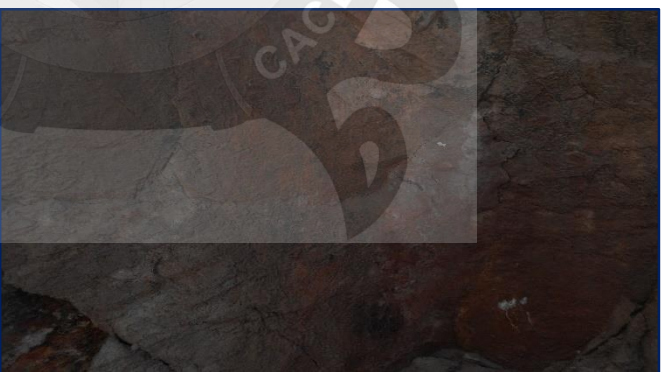
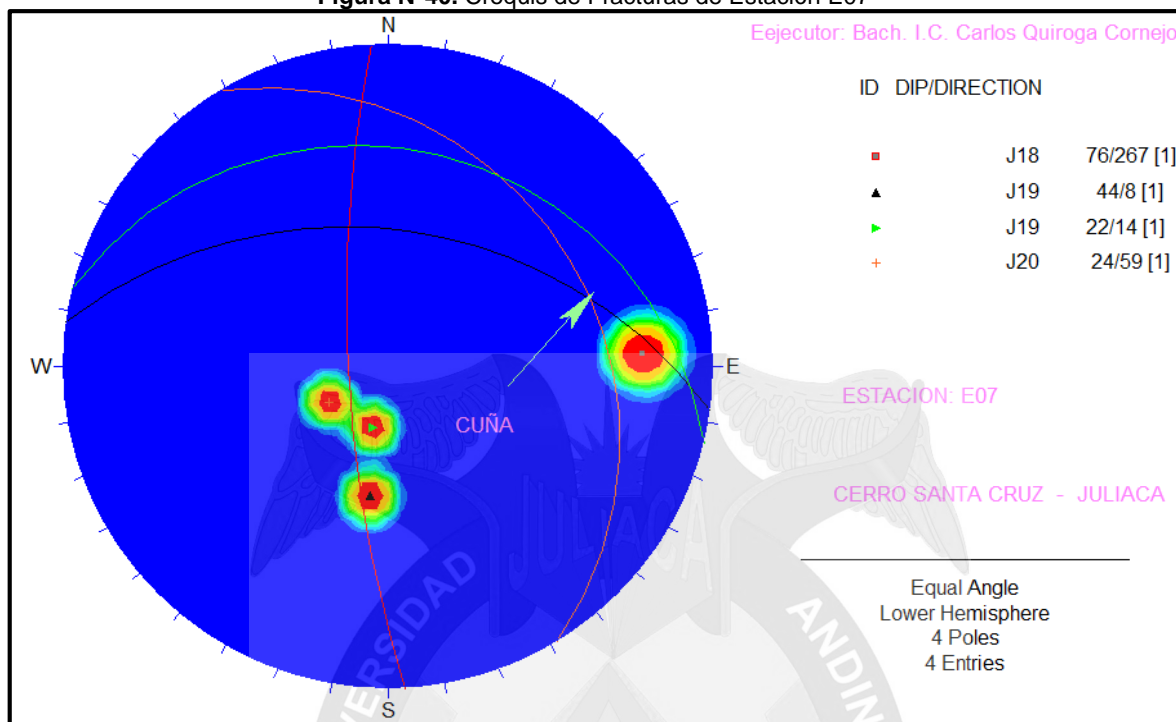


FOTO DE ESTACION: E07



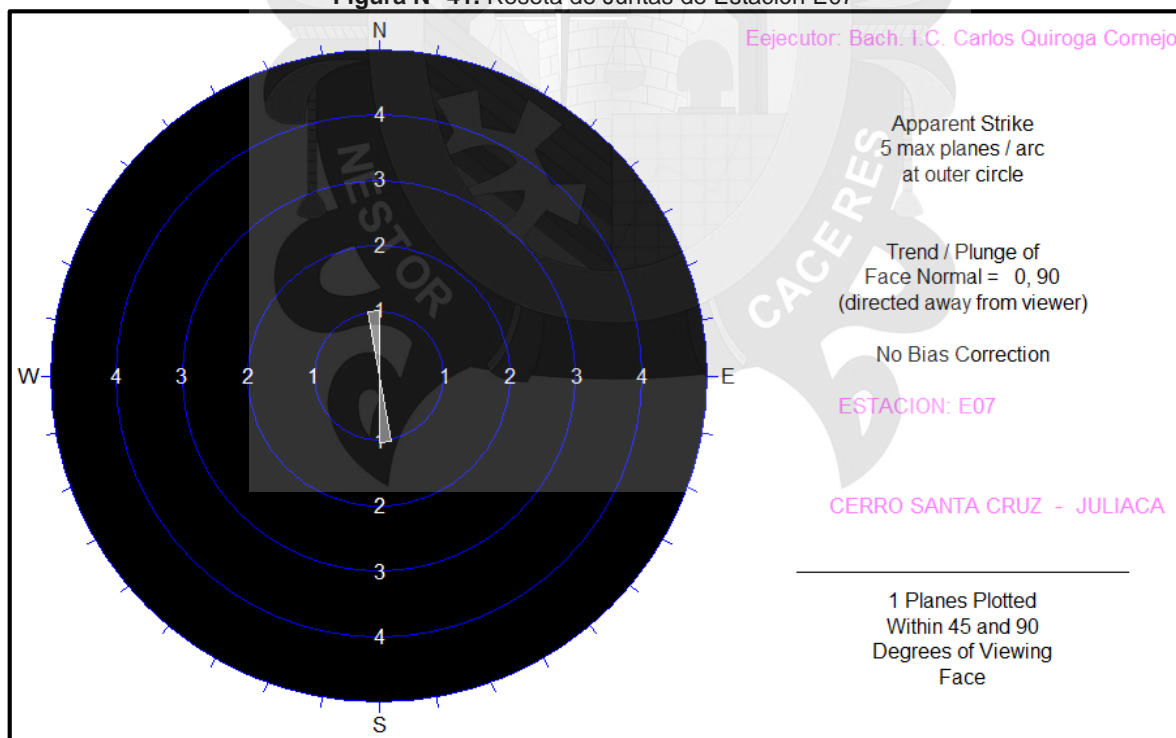
Fuente: Propio

Figura N°40. Croquis de Fracturas de Estación E07



Fuente: Propio, Software Dips.

Figura N° 41. Roseta de Juntas de Estación E07



Fuente: Propio, Software Dips.

Cuadro N° 53. Caracterización geomecánica RMR de celda o Estación N° 07

CARACTERIZACIÓN GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO - RMR (Bieniawski 1989)							
OBTENCIÓN DE RMR, E STACION: E07				VALORACIÓN MINIMA		VALORACIÓN MAXIMA	
				DATO S		VAL.	
				DATO S		VAL.	
1	Resistencia a compr. Simple uniaxial (MPa)			5-25 Mpa	2	5-25 Mpa	2
2	Fracturas/metro lineal (λ) RQD			5 91	18	4 94	19
3	Espaciado (mm)			60	6	600	12
4	Estado de las juntas	Persistencia	3-10 m	2	3-10 m	2	
		Apertura	1-5 mm	1	1-5 mm	1	
		Rugosidad	Ligeramente Rugosa	3	Ligeramente Rugosa	3	
		Relleno	Relleno duro < 5 mm	4	Relleno duro < 5 mm	4	
		Alteración	Ligeramente alterado	5	Ligeramente alterado	5	
Suma				15		15	
5	Presencia de agua			Estado Húmedo	7	Estado Húmedo	7
				RMR (Basico)	48		55
6	Buz. Estruct.	31° SW	Val.	-2	RMR (Corregido)	46	
					RMR (Promedio)	50	

$$RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)$$

$$RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)$$

Fuente: Propio, Excel

Cuadro N° 54. Clasificación RMR de Estación: E07

Rango RMR	Descripción del macizo rocoso	Clase	E07 Clase	E07 Desc.
41-60	Medio	III	III	MEDIO

Fuente: Propio

Cuadro N° 55. Caracterización de Macizo Rocoso – Q(Barton 2002) – Estación: E07

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO - Q (Barton 2002) - E07			
Concepto	Descripción	valor	
1 Calidad de roca	Regular	RQD (%)	92
2 Sistemas de fisuras	Tres sistemas de fisuras	Jn	9
3 Rugosidad de fisuras	Rugosas o irregulares pero planas	Jr	1.5
4 Estado de Fisuras	Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcilla, etc.	Ja	4
5 Estado de agua en las fisuras	Infiltración a presión mediana con lavado ocasional de los rellenos.	Jw	0.66
6 Reducción de Esfuerzos	No hay esfuerzos	SRF	1
$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$ <p>Q= 2.54</p>			







Fuente: Propio, Excel

Cuadro N° 56. Clasificación Q de Estación: E07

Q	Grupo	Clasificación	E07 Grupo	E07 Clasificación
1 - 4	2	Mala	2	MALA

Fuente: Propio

Cuadro N° 57. Caracterización del macizo rocoso GSI –Hoek (2002) de Estación E07

ROCAS DIACLASADAS (Hoek and Marinos, 2000)		CONDICIONES DE SUPERFICIE				
<p>Apartir de la litología, estructura y condiciones superficiales de las discontinuidades, se estima un valor promedio del GSI. No se debe tratar de ser muy preciso. Un rango de 33-37 es mas realista que un GSI=35. Note que la tabla a macizos estructuralmente controlados por fallas, donde planos estructurales débiles están presentes en una dirección desfavorable con respecto al frente de excavación, estos podrán dominar el comportamiento del macizo rocoso. Las zonas de falla son propensas a la alteración como resultado de los cambios de humedad que pueden reducirse cuando el agua esta presente. Cuando trabajamos en rocas de regular o mala calidad, cambian las condiciones por el cambio de humedad. La</p>		MUY BUENAS	BUENAS	REGULAR	POBRE	MUY POBRE
		Superficies muy rugosas, superficies no meteorizadas, frescas	Superficies rugosas, ligeramente meteorizadas, manchadas con hierro	Superficies lisas, moderadamente meteorizadas y alteradas	Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización y rellenos compactos o rellenos de frag.	Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización con rellenos de arcilla suave.
		DECRECE LA CALIDAD DE LA SUPERFICIE →				
		DECRECE EL ENTRAMBAMIENTO DE LOS BLOQUES ↓				
		90	80	70	60	50
	INTACTA O MASIVA - Especímenes de roca intacta o masiva in-situ, roca con discontinuidades amplias y espaciadas					N/A
	FRACTURADA - Macizo rocoso con bloques entrelazados, consistente en bloques cúbicos formados por tres intersecciones de					N/A
	MUY FRACTURADA - Macizo parcialmente perturbado con bloques entrelazados y angulares, formados por cuatro o mas					N/A
	FRACTURADA / PERTURBADA - Macizo rocoso plegado formado por bloques angulares formados por la intersección de varios					N/A
	DESINTEGRADA - Macizo rocoso altamente fracturado con mezcla de fragmentos angulares y redondeados, pobremente					N/A
	FOLIADA / LAMINADA - Se carece de bloques debido débil material presente en los planos de foliación o de cizalla	N/A	N/A			10

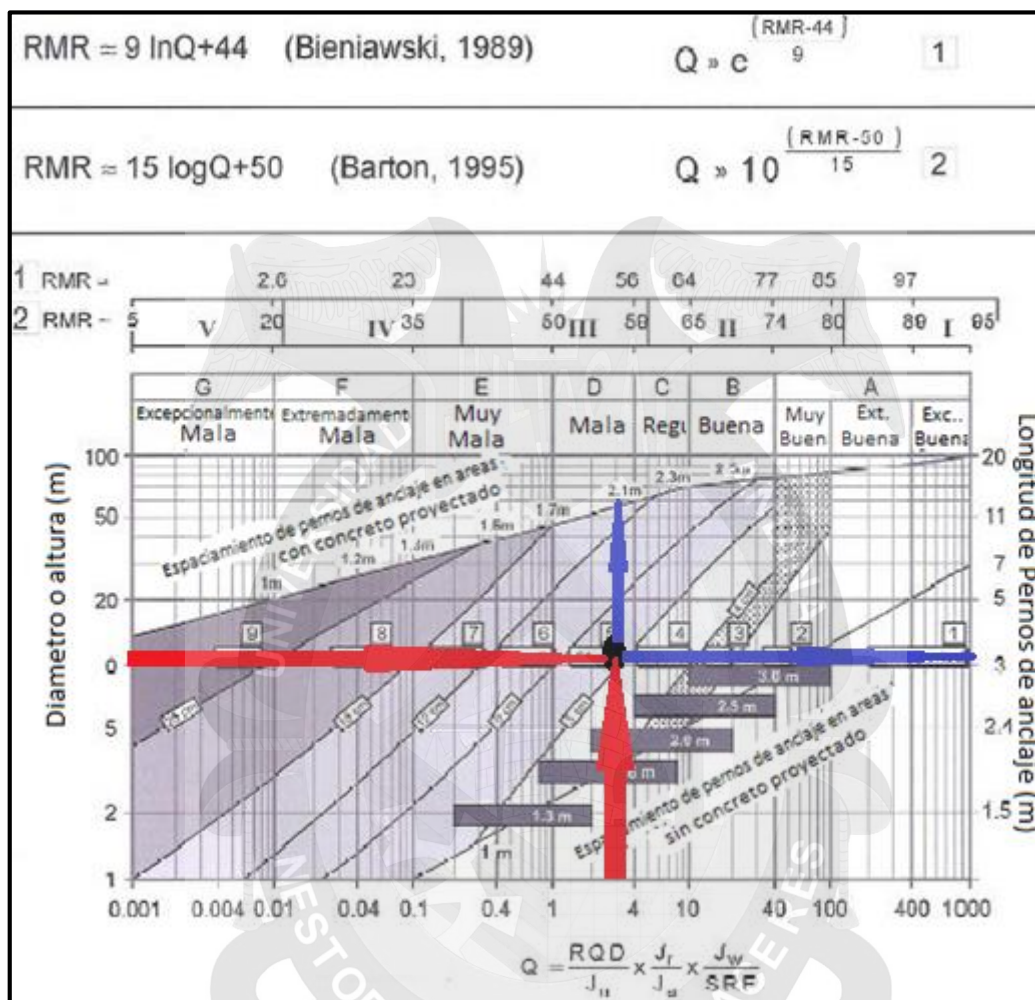
Fuente: Propio.

Cuadro N° 58. Clasificación GSI de Estación E07. – Hoek 2002

Estructura de la masa Rocosa	Condición Superficial de la masa rocosa	Valor - Tabla GSI
Moderadamente Fracturada (F)	Masa rocosa Regular (R)	49

Fuente: Propio

Grafica N° 09. Estimación de sostenimiento según Barton y Bieniawski (2008) – E07



Cuadro N° 59. Selección de Sostenimiento E07

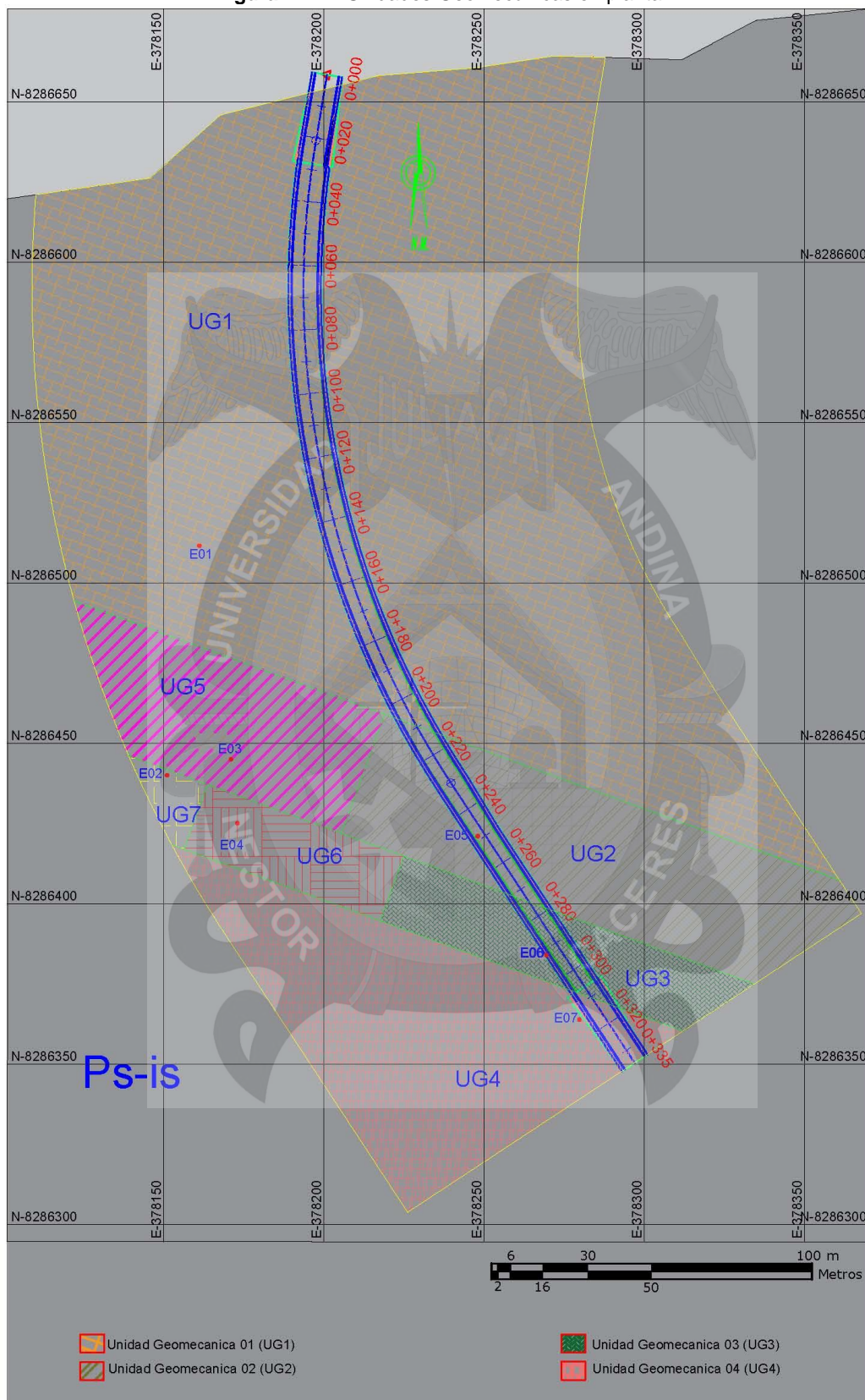
Datos		Sostenimiento Resultado
Túnel de Carretera	Valor	5: Pernos de Anclaje más Concreto proyectado con fibra, 5 a 9 cm. de espesor
Ancho del Túnel	10.20 m	Pernos de Anclaje de Longitud de 3m
Q	2.54	Espaciado a 2.1 m

Fuente: Propio

3.4.3 ZONIFICACION DE UNIDADES GEOMECAICAS

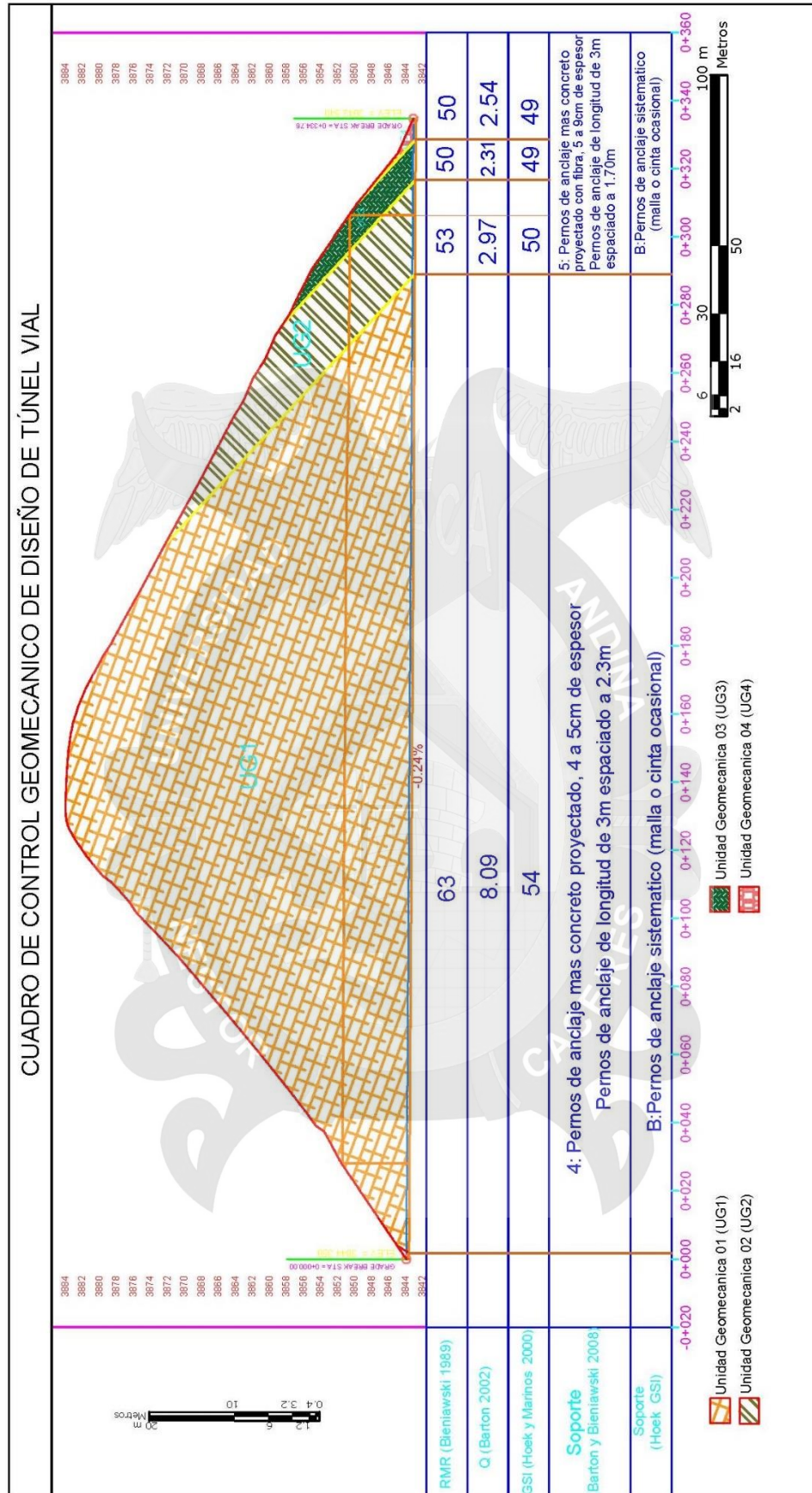
Método de la poligonación

Figura N° 42. Unidades Geomecánicas en planta



Fuente: Propio – Autocad 2015

Figura N° 43. Unidades Geomecánicas en Perfil



Fuente: Propio – Autocad 2015

3.5 PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO DE LAS UNIDADES GEOMECÁNICAS.

Las unidades geomecánicas están constituidos por rocas de tipo sedimentario con litología arenisca cuarzosa de textura de grano medio las unidades no presentan fallas geológicas ni contactos litológicos.

3.5.1 CALCULO DE PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DE MACIZO ROCOSO CON ROCLAB.

Para hacer este cálculo utilizaremos el software ROCLAB del paquete Rocscience, como dato introduciremos los datos obtenidos en el laboratorio de geomecánica, datos de la caracterización y datos de diseño del túnel vial, estos datos para cada unidad geomecánica influyente al trazo y diseño del túnel vial, son los siguientes:

Datos UG1:

UCS $\sigma_c = 20.08 \text{ Mpa}$

Peso unitario $\gamma_t = 0.0252 \text{ MN/m}^3$

Profundidad del Túnel Prog. 0+130 = 32.71 m

GSI = 54

Factor D = 0

Datos UG2:

UCS $\sigma_c = 20.08 \text{ Mpa}$

Peso unitario $\gamma_t = 0.0252 \text{ MN/m}^3$

Profundidad del Túnel Prog. 0+280 = 6.52 m

GSI = 50

Factor D = 0

Datos UG3:

UCS $\sigma_c = 20.08 \text{ Mpa}$

Peso unitario $\gamma_t = 0.0252 \text{ MN/m}^3$

Profundidad del Túnel Prog. 0+300 = 1.86 m

GSI = 49

Factor D = 0

El factor D, es el factor de disturbancia, en la presente investigación se asume y se recomienda realizar la excavación con ROADHEADER y que su factor de disturbancia corresponde D=0 relacionando en la Figura N° 44

Figura N° 44. Ingresando el UCS al RocLab – UG1



Field Estimate of Strength	Examples	Strength (MPa)
Specimen can only be chipped with a geological hammer.	Fresh basalt, chert, diabase, gneiss, granite, quartzite.	>250
Specimen requires many blows of a geological hammer to fracture it.	Amphibolite, sandstone, basalt, gabbro, gneiss, granodiorite, limestone, marble, rhyolite, tuff.	100-250
Specimen requires more than one blow of a geological hammer to fracture it.	Limestone, marble, phyllite, sandstone, schist, shale.	50-100
Cannot be scraped or peeled with a pocket knife, specimen can be fractured with a single blow from a geological hammer.	Claystone, coal, concrete, schist, shale, siltstone.	25-50
Can be peeled with a pocket knife with difficulty, shallow indentation made by firm blow with point of a geological hammer.	Chalk, rocksalt, potash.	5-25
Crumbles under firm blows with point of a geological hammer, can be peeled by a pocket knife.	Highly weathered or altered rock.	1-5
Indented by thumbnail.	Stiff fault gouge.	0.25-1

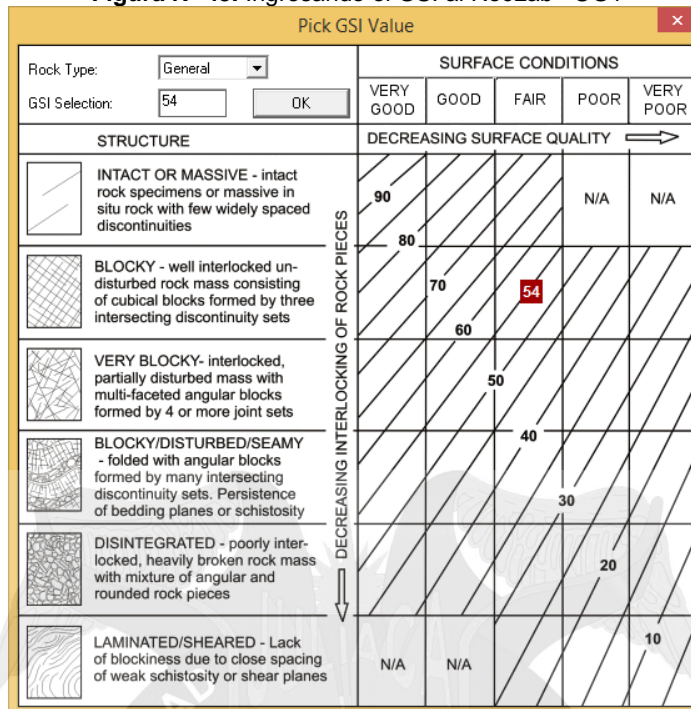
Uniaxial Compressive Strength (sigci): 20.08 MPa

OK Cancel

Fuente: Propia, Software RocLab – Rocscience

- Ingresamos el GSI (Geological Strength Index)

Figura N° 45. Ingresando el GSI al RocLab –UG1

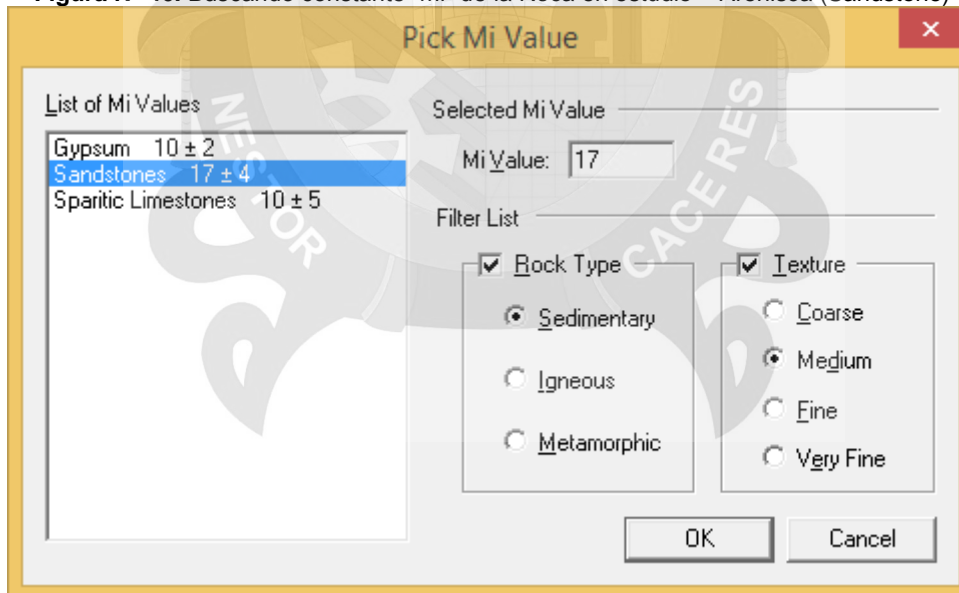


Rock Type: General		SURFACE CONDITIONS				
GSI Selection: 54		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↓	90	80	70	60	N/A
BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets		54	40	30	20	10
VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Fuente: Propia, Software RocLab – Rocscience

- Ingresamos el valor de constante “mi” que los geomecánicos le dan a cada tipo roca

Figura N° 46. Buscando constante “mi” de la Roca en estudio – Arenisca (Sandstone)



List of Mi Values	Selected Mi Value
Gypsum 10 ± 2	Mi Value: 17
Sandstones 17 ± 4	
Sparitic Limestones 10 ± 5	

Filter List

☒ Rock Type

☒ Sedimentary

☐ Igneous

☐ Metamorphic

☒ Texture

☐ Coarse

☒ Medium

☐ Fine

☐ Very Fine

OK Cancel

Fuente: Propia, Software RocLab - Rocscience




- Ingresamos el valor del Factor D

Se recomienda la excavación se hará con Maquina ROADHEADER

Figura N° 47. Ingresamos el Factor D

Disturbance Factor D

Application: ☒ Tunnels ☐ Slopes

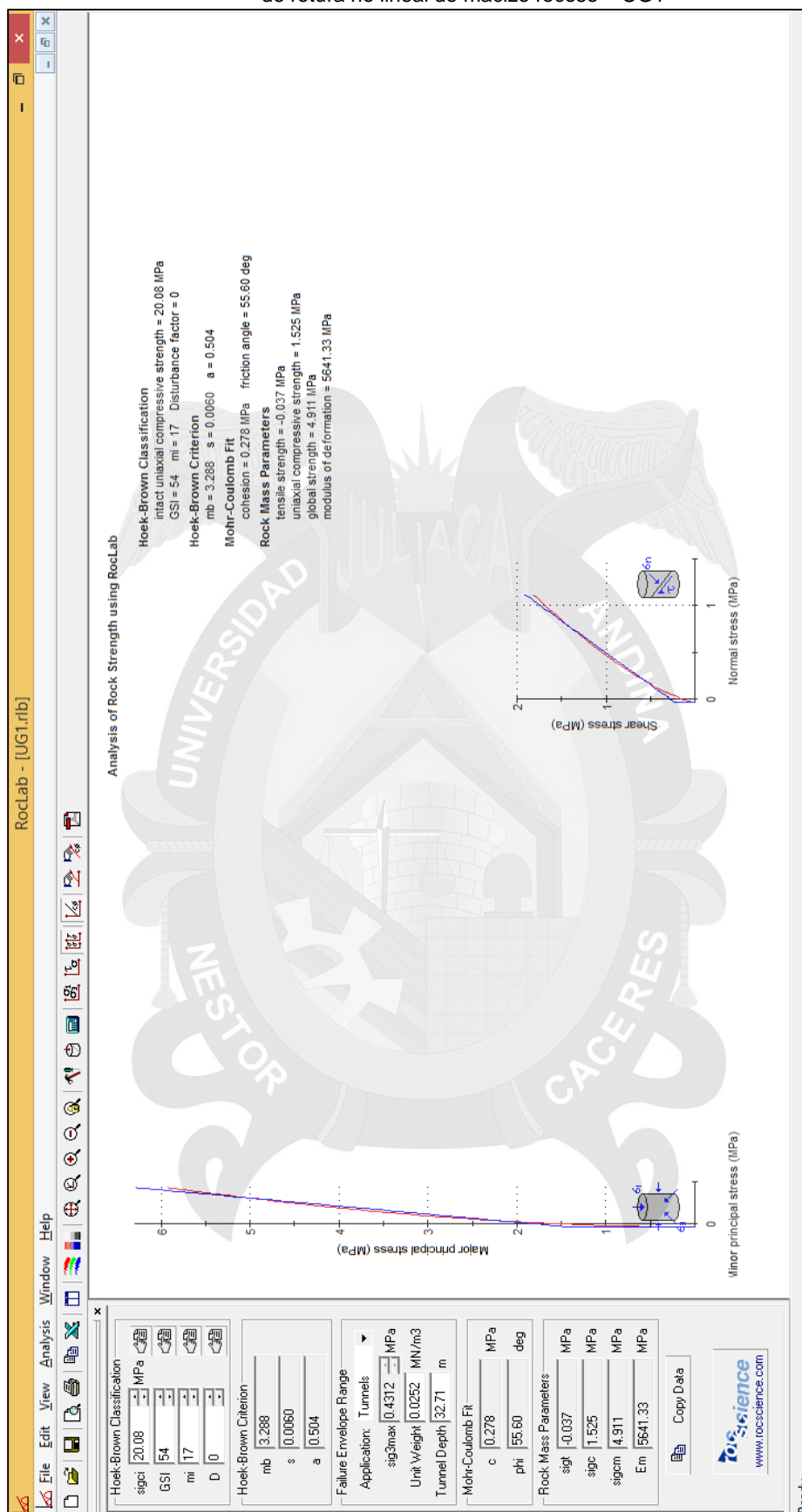
	Excellent quality controlled blasting or excavation by Tunnel Boring Machine results in minimal disturbance to the confined rock mass surrounding a tunnel.	D=0
	Mechanical or hand excavation in poor quality rock masses (no blasting) results in minimal disturbance to the surrounding rock mass.	D=0
	Where squeezing problems result in significant floor heave, disturbance can be severe unless a temporary invert, as shown in the photograph, is placed.	D=0.5 No Invert
	Very poor quality blasting in a hard rock tunnel results in severe local damage, extending 2 or 3 m, in the surrounding rock mass.	D=0.8

Disturbance Factor: OK Cancel

Fuente: Propia, Software RocLab – Rocscience

- Resultados

Figura N° 48. Reporte de propiedades geomecánicas y criterio de rotura no lineal de macizo rocoso – UG1



Fuente: Propio, Software RocLab – Rocscience

- Resumen de resultados con el software RocLab

Haciendo uso del software RobLab se ha obtenido los parámetros de propiedad Geomecánica del macizo rocoso de cada unidad geomecánica influyente al diseño del Túnel vial de la prolongación del Jr. Salaverry de la ciudad de Juliaca.

Cuadro N° 60

PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO DE LA UG1	
PARAMETRO	VALOR
$\gamma\tau$ (MN/m ³)	0.0252
σ_c (Mpa)	20.08
Em(Mpa)	5641.33
mi	17
s	0.00602938
m	3.28825
C(Mpa)	0.277671
$\Phi(^{\circ})$	55.5978
GSI	54
RMR	63
Q	8.09

Fuente: Propia, Software RocLab – Rocscience

Cuadros N° 61

PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO DE LA UG2	
PARAMETRO	VALOR
$\gamma\tau$ (MN/m ³)	0.0252
σ_c (Mpa)	20.08
Em(Mpa)	4481.07
mi	17
s	0.00386592
m	2.85051
C(Mpa)	0.134066
$\Phi(^{\circ})$	63.5159
GSI	50
RMR	53
Q	2.97

Fuente: Propia, Software RocLab – Rocscience

Cuadro N° 62

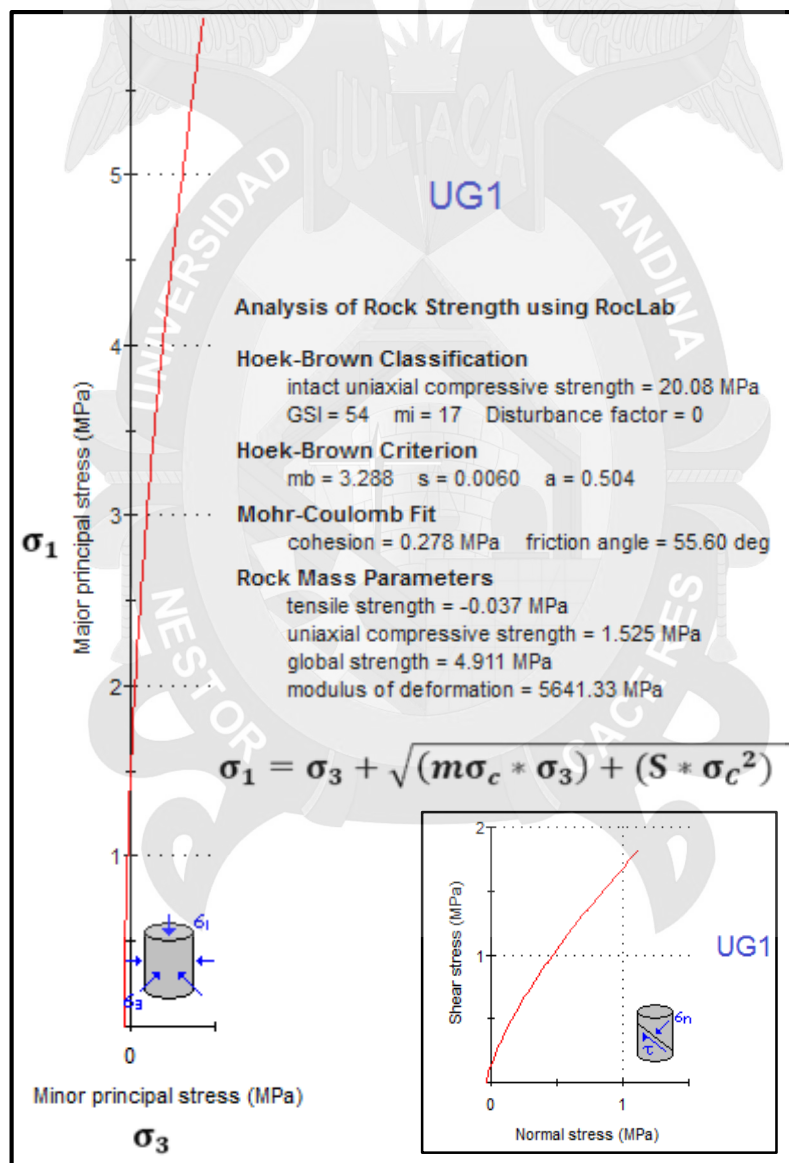
PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO DE LA UG3	
PARAMETRO	VALOR
$\gamma\tau$ (MN/m ³)	0.0252
σ_c (Mpa)	20.08
Em(Mpa)	4230.4
mi	17
s	0.00345938
m	2.75051
C(Mpa)	0.104952
$\Phi(^{\circ})$	67.7757
GSI	49
RMR	50
Q	2.31

Fuente: Propia, Software RocLab – Rocscience

3.5.2 CRITERIO DE ROTURA NO LINEAL DE HOEK & BROWN EN LAS UNIDADES GEOMECAICAS.

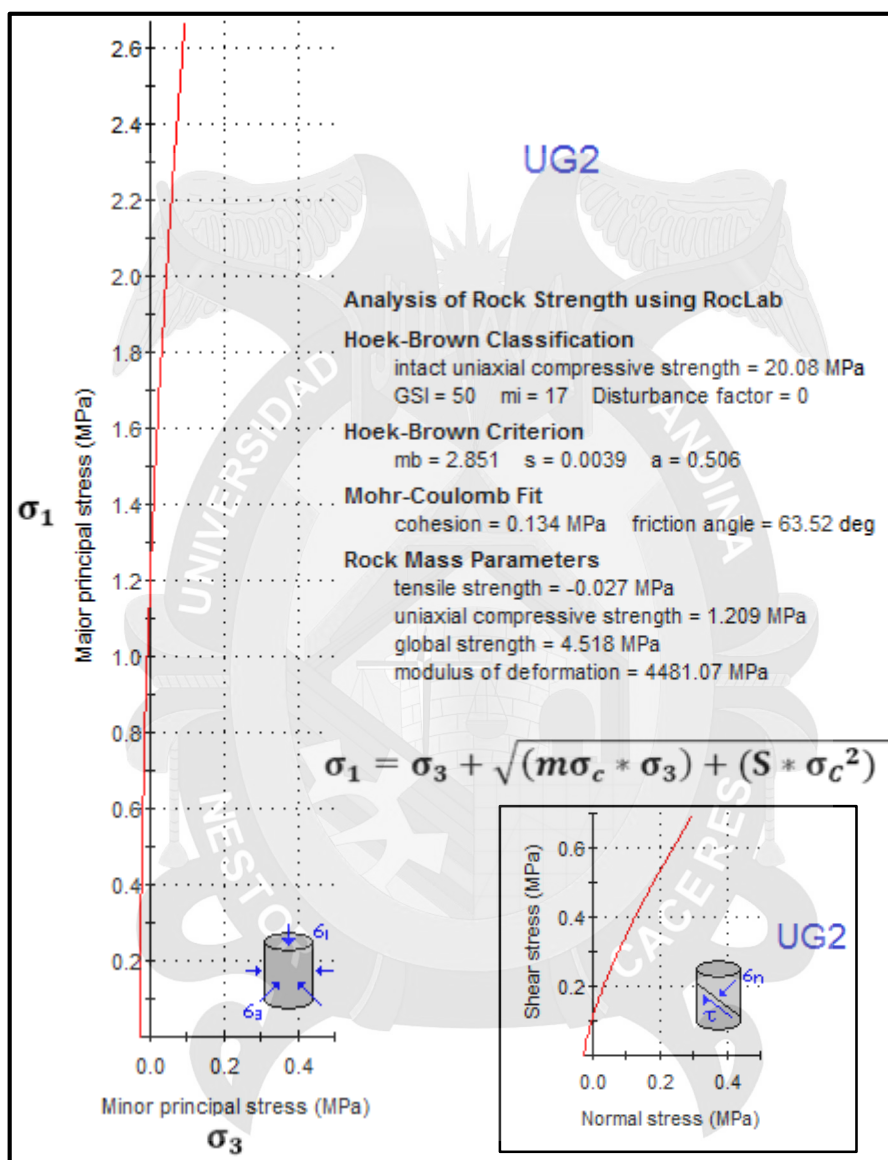
Este criterio va dirigido para estimar la resistencia de compresión uniaxial del macizo rocoso para cada unidad geomecánica para el diseño de excavación del túnel vial de la prolongación del Jr. Salaverry de la ciudad de Juliaca ubicado en la zona de investigación en el cerro santa cruz

Figura N° 49. Criterio de rotura no lineal de macizo rocoso – UG1



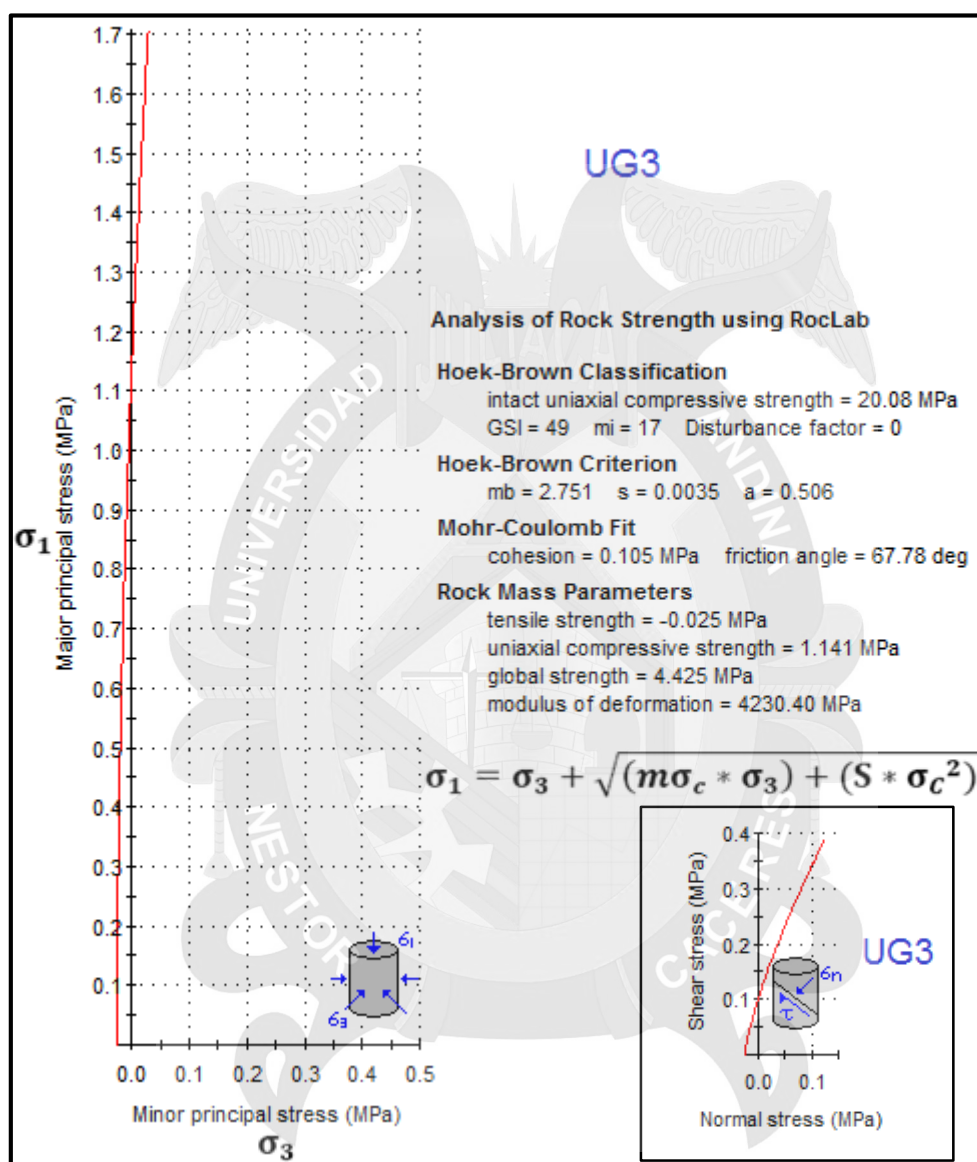
Fuente: Propia, Software RocLab – Rocscience

Figura N° 50. criterio de rotura no lineal de macizo rocoso – UG2



Fuente: Propia, Software RocLab – Rocscience

Figura N° 51. Criterio de rotura no lineal de macizo rocoso – UG3



Fuente: Propia, Software RocLab – Rocscience

3.6 ANALISIS DE CUÑAS MAXIMAS Y SOSTENIMIENTO CON EL SOFTWARE UNWEDGE

Para el análisis de la geometría y la estabilidad del túnel vial se ha estimado las cuñas subterráneas definidas por la intersección de las discontinuidades estructurales en la masa de roca que rodea la unidad geomecánica para excavación subterránea.

Figura N° 52. Ingreso de Título del proyecto de UG1

Project Settings

Project Title
[ANALISIS DE ESTABILIDAD DE CUÑAS EN UG1]

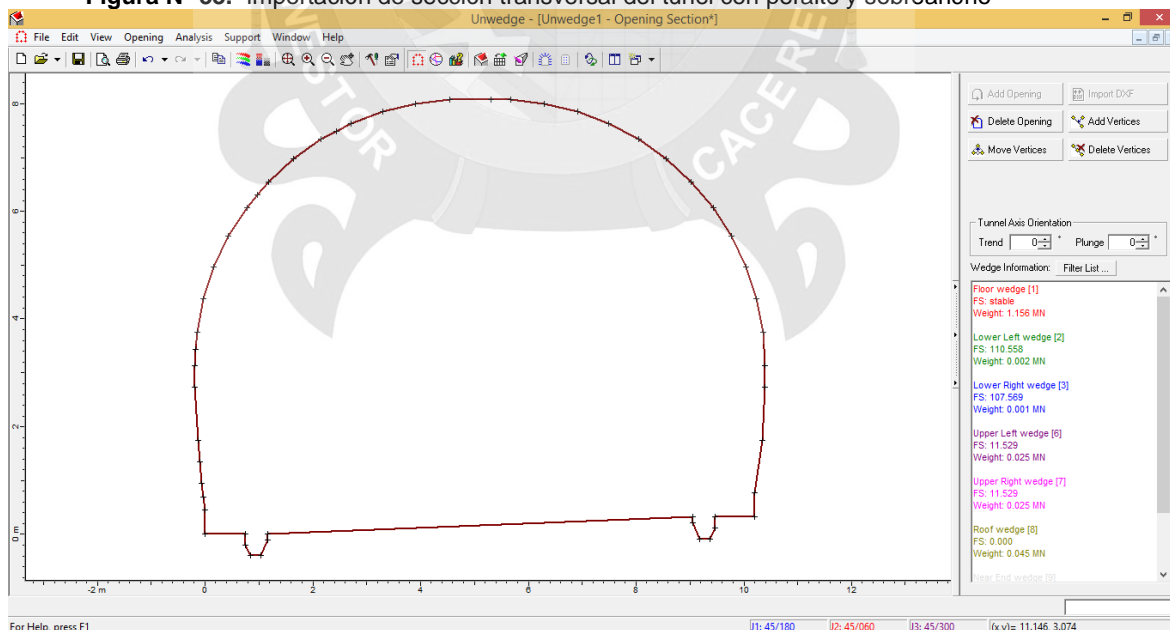
Units
Metric, stress as MPa
centimetres, metres, MN, tonnes/m3

Wedge Computation
☒ Compute End Wedges

Defaults... OK Cancel

Fuente: Propia, Software Unwedge

Figura N° 53. Importación de sección transversal del túnel con peralte y sobreebancho



Fuente: Propia, Software Unwedge

3.6.1 INGRESO DE DATOS DE DISEÑO DEL TÚNEL VIAL SOFTWARE UNWEDGE

Ingresamos el azimut y la pendiente del túnel, ya que estos datos lo hemos obtenido en el diseño geométrico del túnel vial desarrollado en anteriormente.

Datos

Azimut:

Progresiva 0+00 al 0+130 = 10°

Progresiva 0+130 al 0+335 = 147°

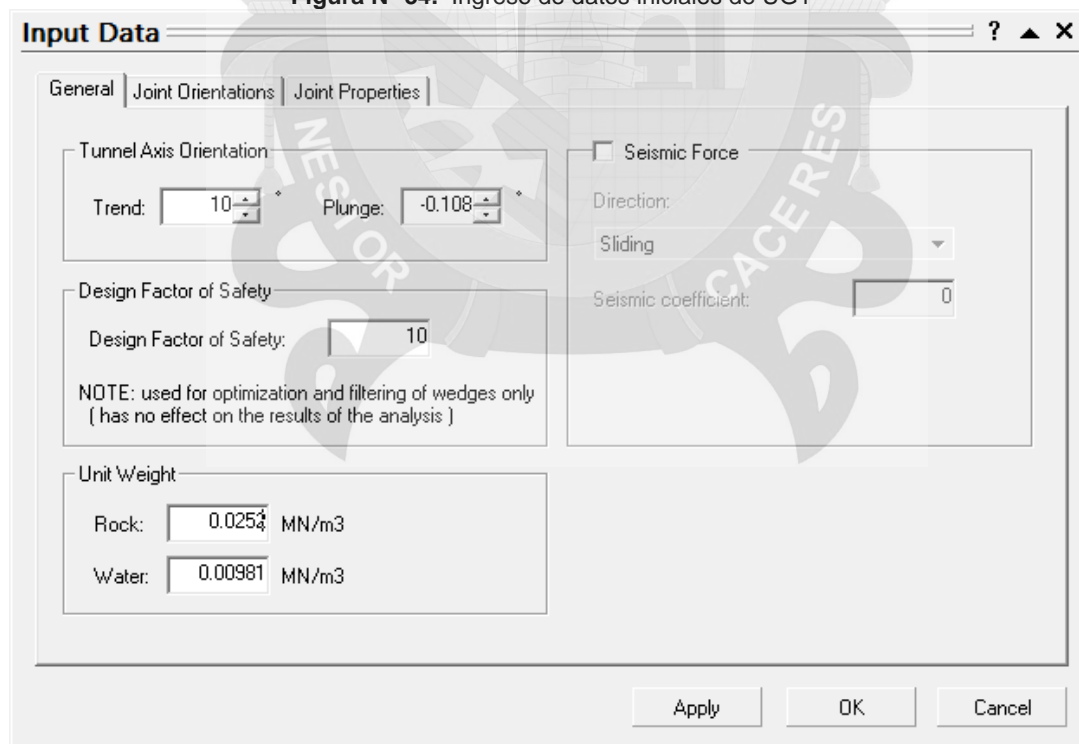
Pendiente: = -0.24% = -0.108°

Peso Unitario de la Roca = 0.0252 MN/m^3

Peso unitario del agua = 0.00981 MN/m^3

Diseño con un factor de seguridad de 10 esto indica que para un túnel vial con transito permanente pero debemos tener en cuenta que el factor de seguridad mínima es 1.5.

Figura N° 54. Ingreso de datos iniciales de UG1



Fuente: Propia, Software Unwedge

3.6.2 INGRESO DE DIRECCIONES DE LAS FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES

Ingresamos las direcciones de las familias o sistemas de discontinuidades, halladas anteriormente con el software Dips en la estación E01 para la unidad geomecánica UG1.

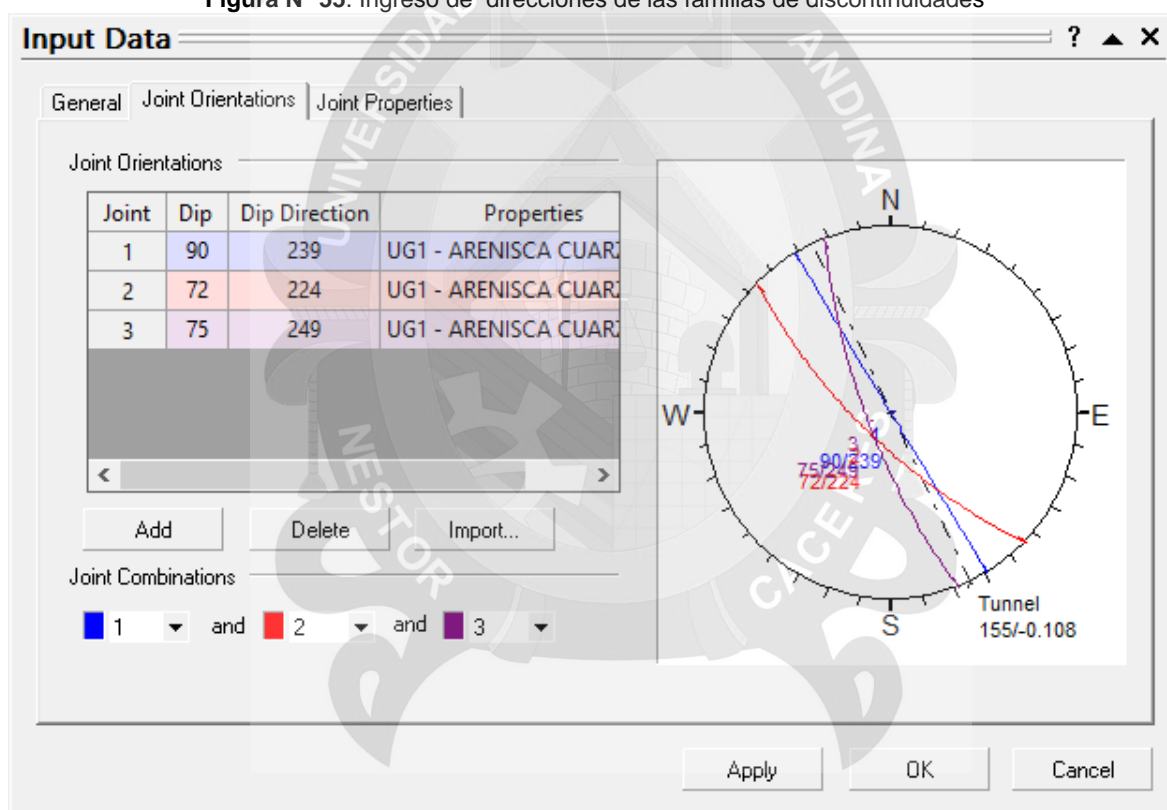
Obteniendo las direcciones de las familias de discontinuidades que son:

Cuadro N° 63. Datos iniciales de UG1

ID	Dip	Dip Direction	Familia
1	90	239	J1
2	72	224	J2
3	75	249	J1

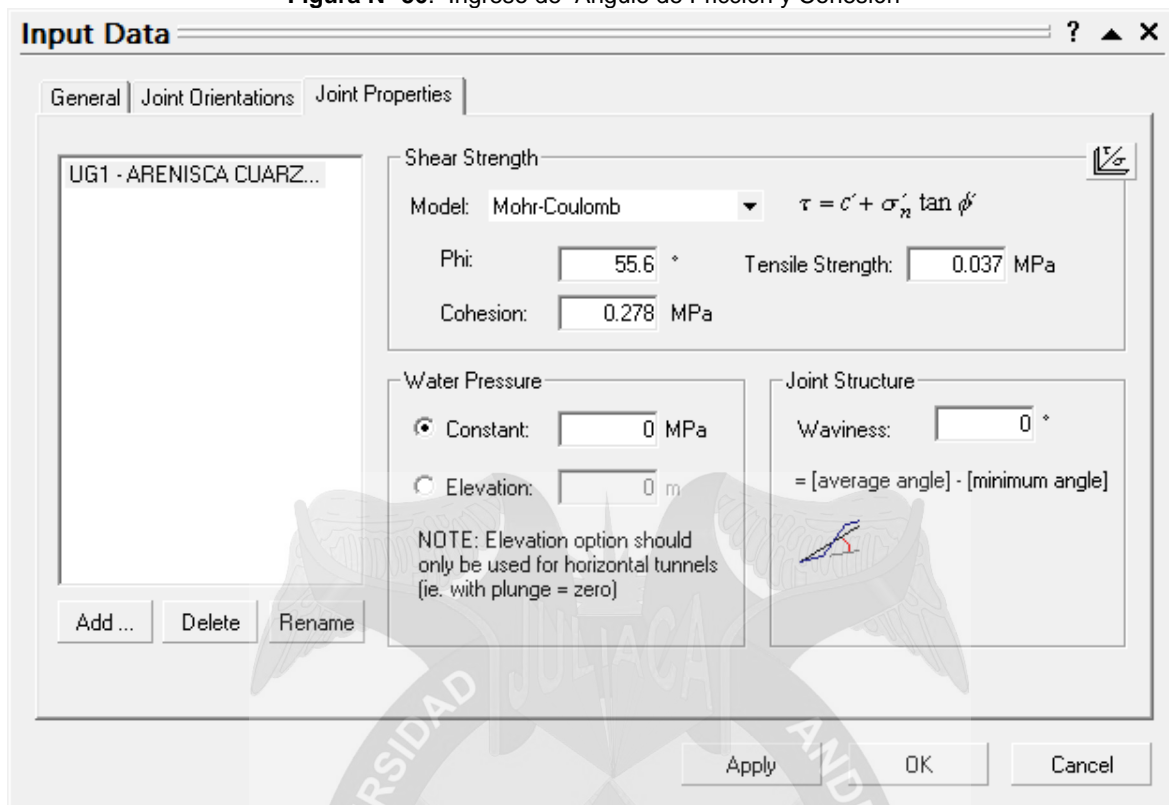
Fuente: Propio - Excel

Figura N° 55. Ingreso de direcciones de las familias de discontinuidades



Fuente: Propia, Software Unwedge

Figura N° 56. Ingreso de Angulo de Fricción y Cohesión



Fuente: Propia, Software Unwedge

Resumen de datos del macizo rocoso para UNWEDGE obtenidos con RobLab

Cuadro N° 64. Datos - propiedades

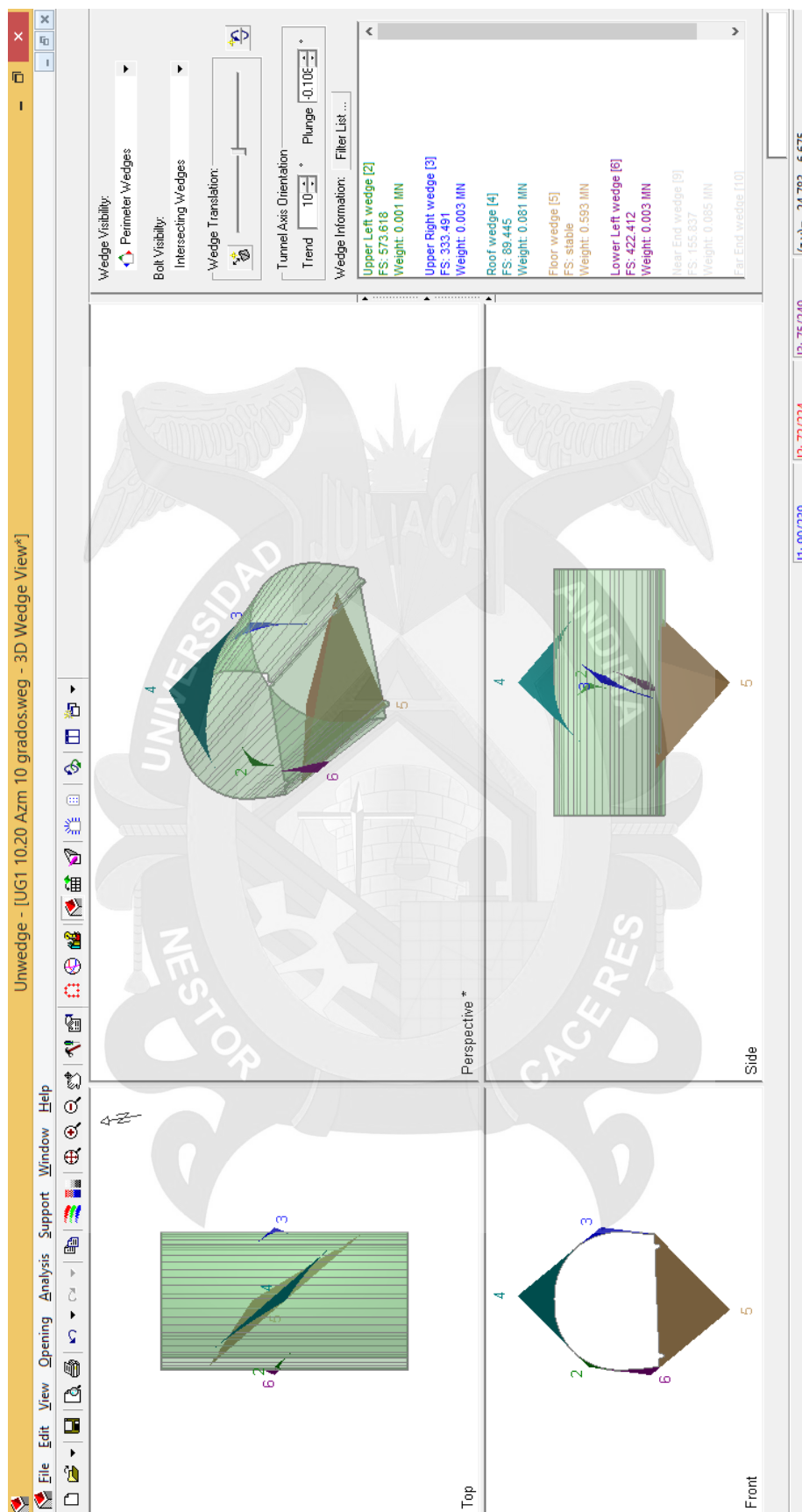
Unidad Geomecánica	Cohesión Mpa	Angulo de Fricción Φ (°)	Resistencia a la tensión Mpa
UG1	0.278	56.6	0.037
UG2	0.134	63.52	0.027
UG3	0.105	67.78	0.025

Fuente: Propio - Excel

Resultados se muestra en la figura N° 57, 58, 59 y 60 por progresiva.

Figura N° 57. Vista de las cuñas formadas en el diseño del túnel vial con Azimut de 10° – UG1

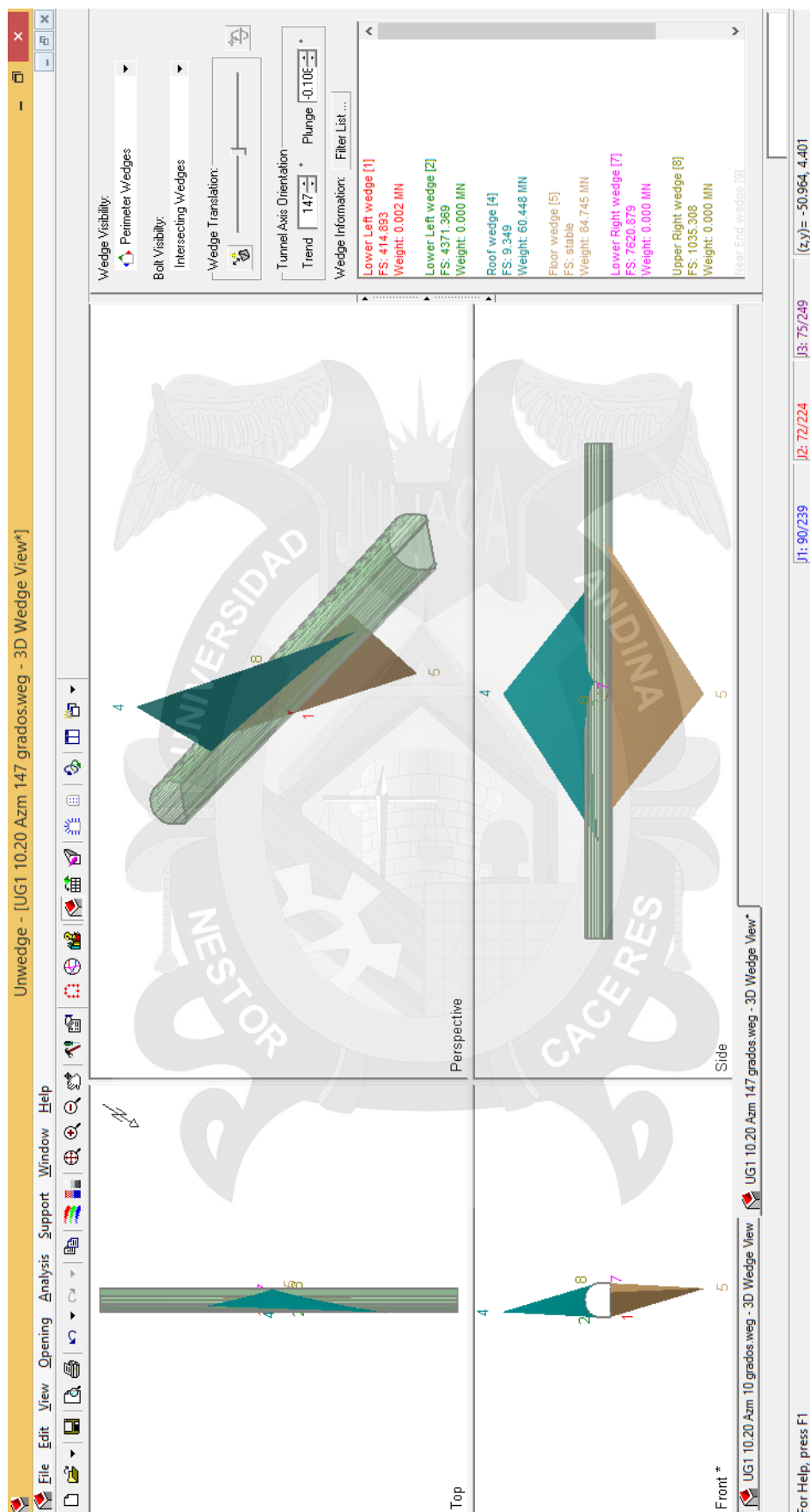
Tramo 0+030 al 0+130



Fuente: Propio, Software Unwedge

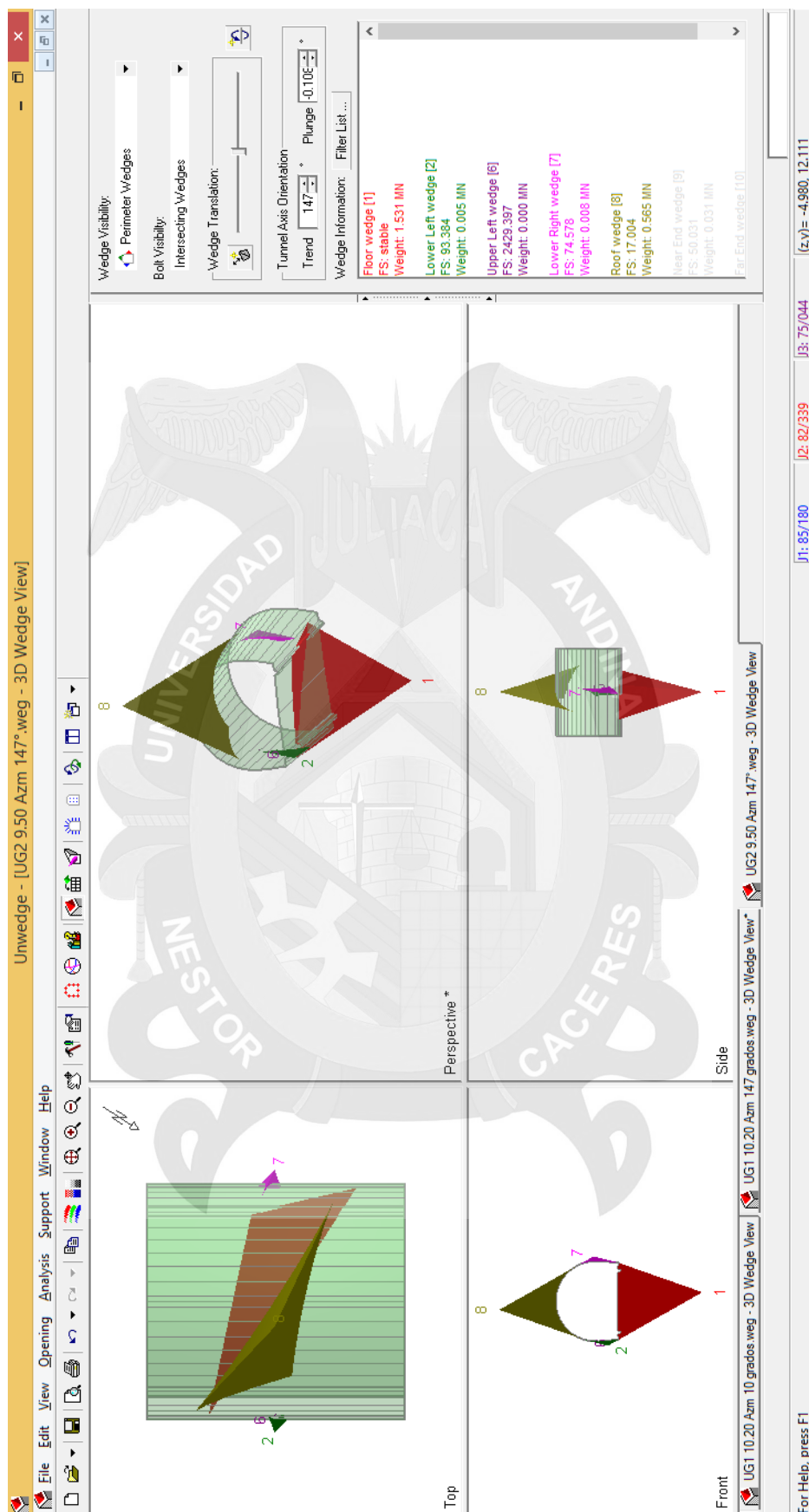
Figura N° 58 - Vista de planos de las cuñas formadas en el diseño del túnel vial con Azimut de 147° -

UG1 Tramo 0+130 al 0+270



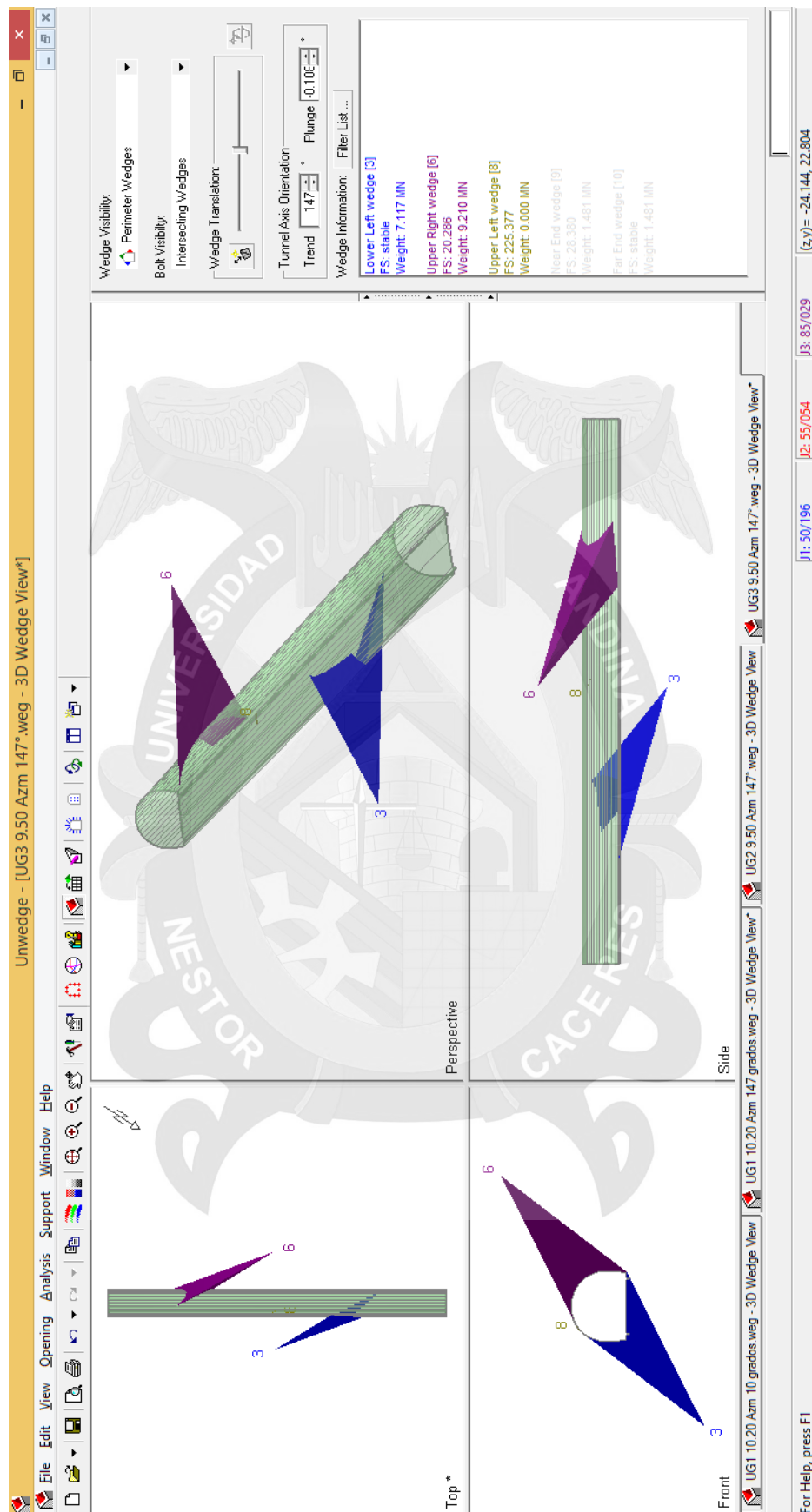
Fuente: Propia, Software Unwedge

Figura N° 59. Vista de los planos de las cuñas formadas en el diseño del túnel vial con Azimut de 147° -
UG2 Tramo 0+270 al 0+295



Fuente: Propio, Software Unwedge

Figura N° 60. Vista de todos los planos de las cuñas formadas en túnel con Azimut de 147° - UG3
Tramo 0+295 al 0+306



Fuente: Propia, Software Unwedge

Resumen de factor de seguridad de los planos de las cuñas más críticas de cada unidad geomecánica.

Cuadro N° 65. Resultados de Factor de seguridad de las cuñas

Tramo	Unidad Geomecánica	Azimet del Túnel (°)	Pendiente del túnel (°)	Cuña N°	Factor de Seguridad (FS)	Descripción
0+030 a 0+130	UG1	10	-0.108	4	89.445	Estable
0+130 a 0+270	UG1	147	-0.108	4	9.349	Estable
0+270 a 0+295	UG2	147	-0.108	8	17.004	Estable
0+295 a 0+306	UG3	147	-0.108	6	20.286	Estable

Mínimo FS para Tuneles 1.5

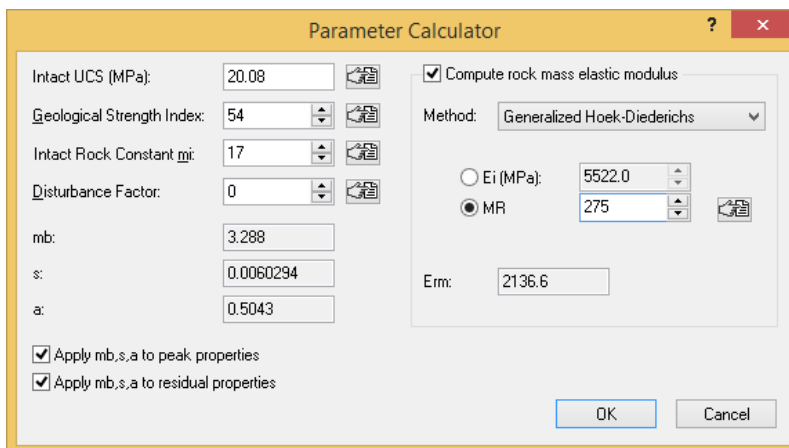
Fuente: Propia, Software Unwedge

Se observa que en las unidades geomecánicas todos son estables, en el tramo 0+130 al 0+270 se ha tratado de mejorar el factor de seguridad con cables bolt y pernos de anclaje de 20m en lo cual solo mejora menor a 0.5 puntos en lo cual no se toma en cuenta colocar dichos refuerzos por tener un factor de seguridad de 9.349 que se encuentra por encima de 1.5.

3.7 ANÁLISIS NUMÉRICO DEL MACIZO ROCOSO EN LAS UNIDADES GEOMECHANICAS EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL

En el siguiente análisis numérico considera las circunstancias geomecánicas donde el soporte podrá ser utilizado. Las secciones analizadas se encuentran en las unidades geomecánicas UG, UG2 y UG3, dentro del macizo rocoso. Los parámetros estimados en las unidades han sido obtenidos con el software RocLab para el diseño del túnel vial, en lo cual se introduce los datos para el análisis numérico con el software Phase2 V 7.0 (Ver figura 61 y 62).

Figura N° 61. Introducción de datos en el software Phase2, Prog. 0+130 – UG1



Parameter Calculator

Intact UCS (MPa): 20.08

Geological Strength Index: 54

Intact Rock Constant m_i : 17

Disturbance Factor: 0

mb: 3.288

s: 0.0060294

a: 0.5043

☒ Apply mb,s,a to peak properties

☒ Apply mb,s,a to residual properties

☒ Compute rock mass elastic modulus

Method: Generalized Hoek-Diederichs

☐ Ei (MPa): 5522.0

☒ MR: 275

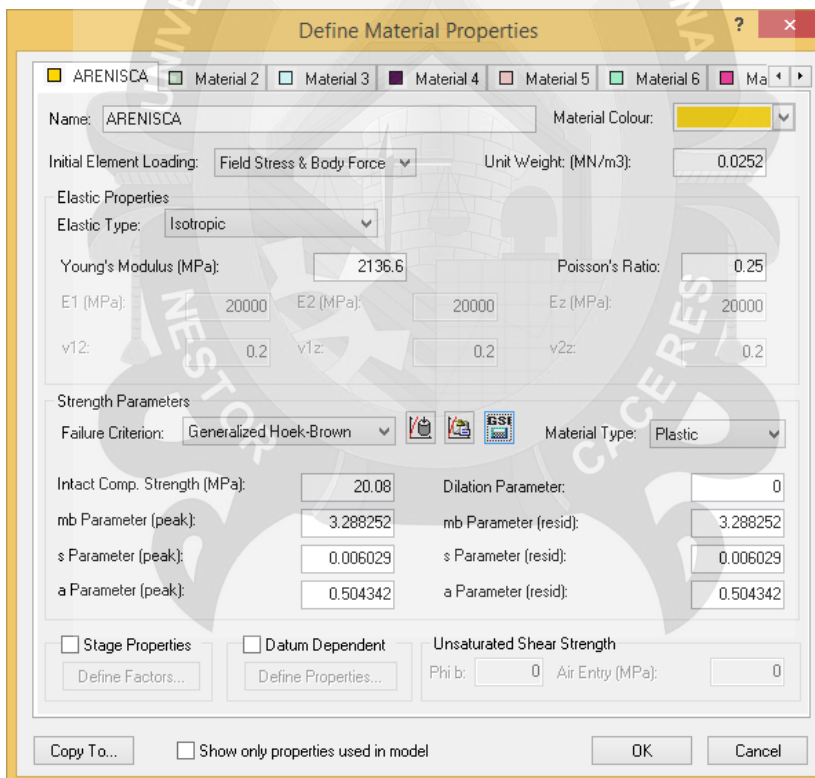
Erm: 2136.6

OK Cancel

Fuente: Propio, software Phase2 V. 7.0

Como elemento de carga inicial se toma en cuenta el peso unitario del macizo rocoso, teniendo parámetros de resistencia y propiedades elásticas según el criterio generalizado de Hoek – Brown

Figura N° 62. Introducción de datos en el software Phase2, Prog. 0+130 – UG1



Define Material Properties

ARENISCA Material 2 Material 3 Material 4 Material 5 Material 6 Ma

Name: ARENISCA Material Colour: Yellow

Initial Element Loading: Field Stress & Body Force Unit Weight (MN/m3): 0.0252

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic

Young's Modulus (MPa): 2136.6 Poisson's Ratio: 0.25

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 Ez (MPa): 20000

v12: 0.2 v1z: 0.2 v2z: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Generalized Hoek-Brown Material Type: Plastic

Intact Comp. Strength (MPa): 20.08 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 3.288252 mb Parameter (resid): 3.288252

s Parameter (peak): 0.006029 s Parameter (resid): 0.006029

a Parameter (peak): 0.504342 a Parameter (resid): 0.504342

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

Define Factors... Define Properties...

Unsatrated Shear Strength

Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

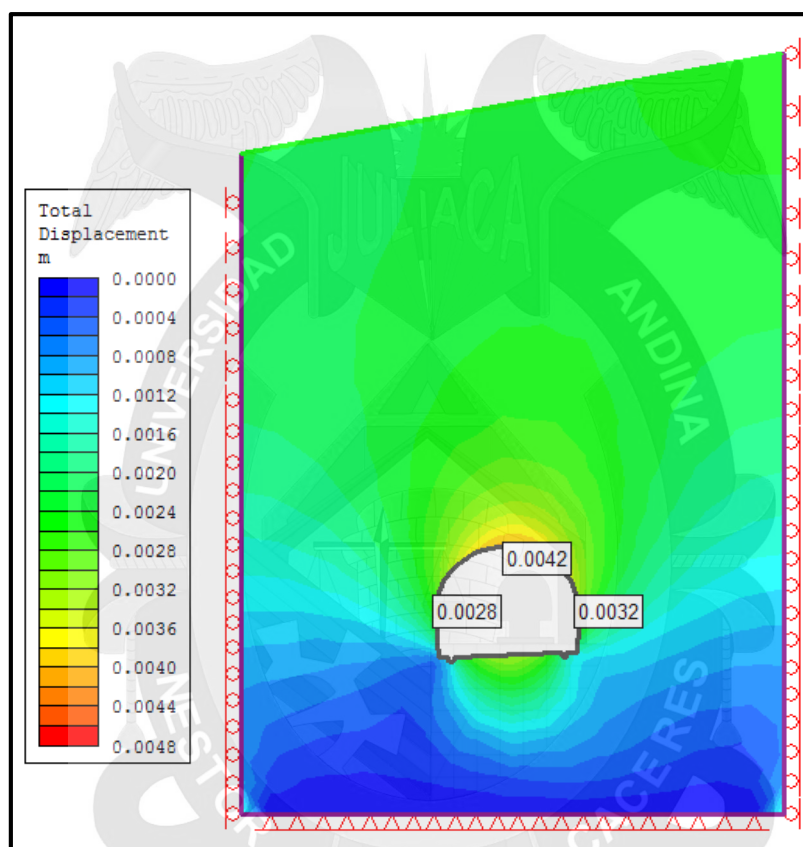
Copy To... ☐ Show only properties used in model OK Cancel

Fuente: Propio, software Phase2 V. 7.0

3.7.1 DESPLAZAMIENTO MAXIMO EN EL CLAVE

El máximo desplazamiento en el punto clave del diseño del túnel como se observa en la figura N° 63 tiene un valor de 0.0042m o 4.2 mm esto indica que nuestro túnel es cuasi estable.

Figura N° 63. Máximo desplazamiento en el techo o clave ($U_{max} = 0.0043$ m)
a 32.71 m de profundidad – UG1

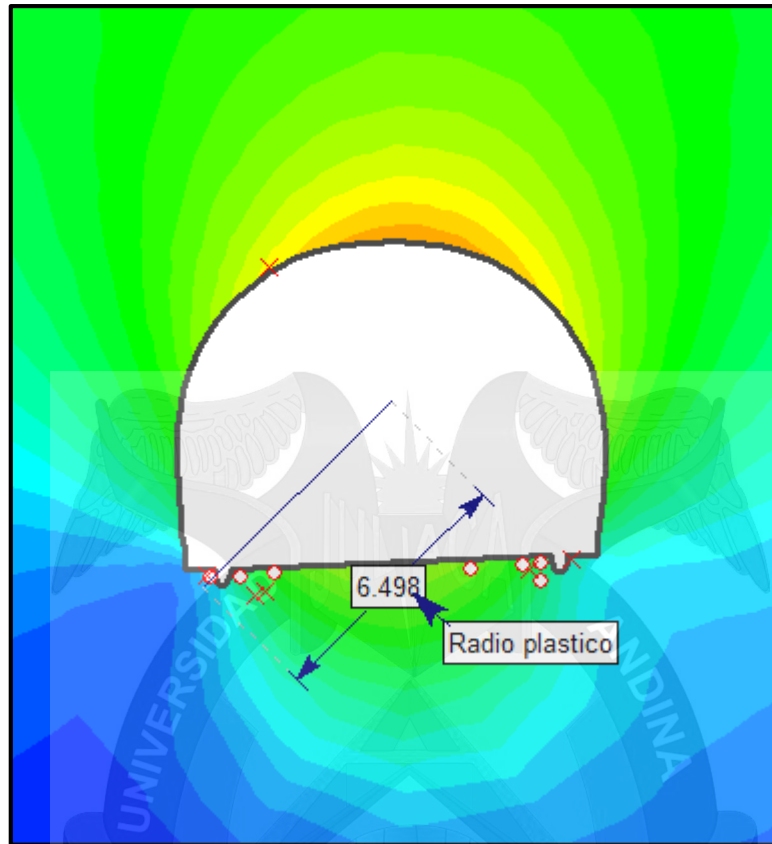


Fuente: Propio, Software Phase2 V 7.0

3.7.2 RADIO PLASTICO DE LA SECCION EXCAVADA

El radio plástico tiene un valor de 6.49 m de longitud, se observa en la figura N° 64 que la extensión de radio plástico es mínimo en lo cual se calculará la magnitud de cerramiento, antes de admitir la instalación de cualquier soporte, a partir de radio plástico con la gráfica de Vlachopoulos y Diederichs.

Figura N° 64. Deformación máxima en la sección excavada y radio plástico (X= falla de Corte y O= falla de tensión) a 32.71 m de profundidad – UG1



Fuente: Propio, Software Phase2 V 7.0

a. CALCULO DE MAGNITUD DE CERRAMIENTO

Datos

$R_p = 6.498\text{m}$ (Radio Plástico)

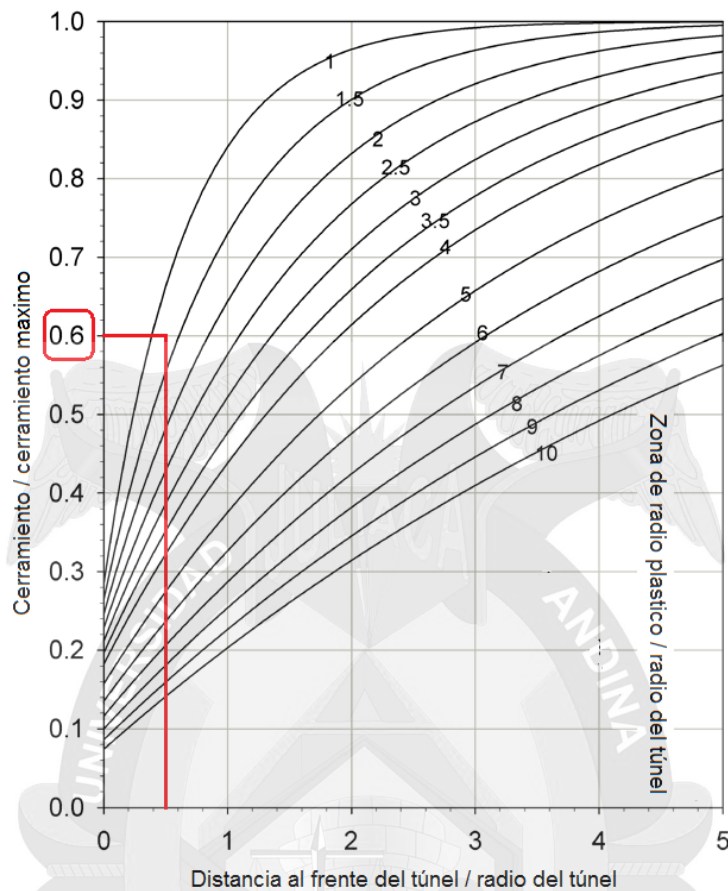
$R_t = 10.20/2 = 5.10\text{m}$ (Radio del Túnel)

$X = 5.10/2 = 2.55\text{m}$ (Distancia al frente del Túnel)

$U_{\max} = 0.0042\text{m}$ (Desplazamiento máximo)

Distancia al frente del túnel / Radio del túnel = $2.55/5.10 = 0.5$

Zona de radio plástico /radio del túnel = $6.498/5.10 = 1.27$

Grafica N° 10. Cálculo de cerramiento de excavación (Vlachopoulos y Diederichs)

Fuente: Propio

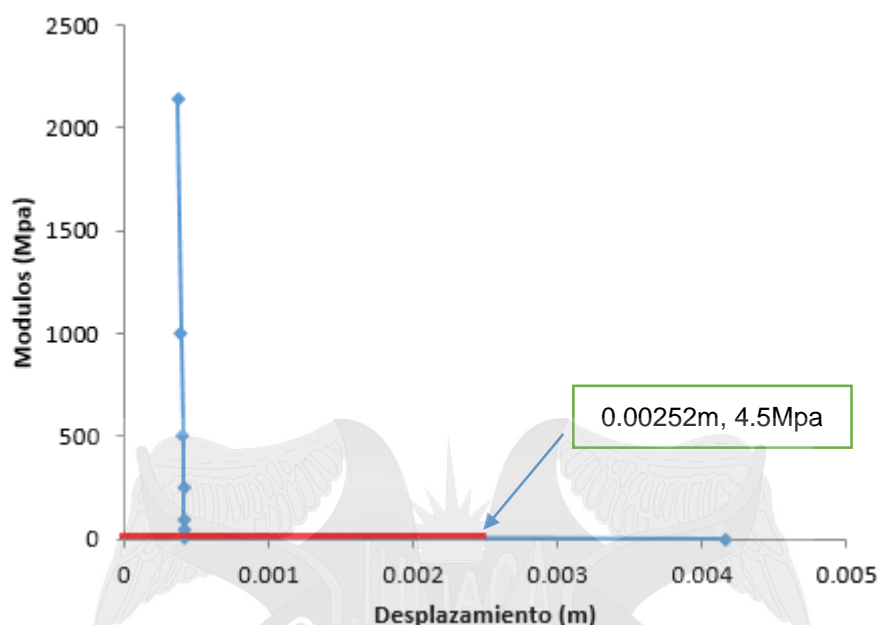
Cerramiento / cerramiento máximo = 0.6

Como resultado

Cerramiento = $(0.6) \cdot (0.0042) = 0.00252\text{m} = \mathbf{2.52\text{ mm}}$.

Esto resultado está relacionado con el gráfico de convergencia- confinamiento para la reducción de modulo en la Grafica N° 11

Gráfica N° 11. Convergencia confinamiento, para la reducción del modulo
Progresiva 0+130 – UG1



Fuente: Propio

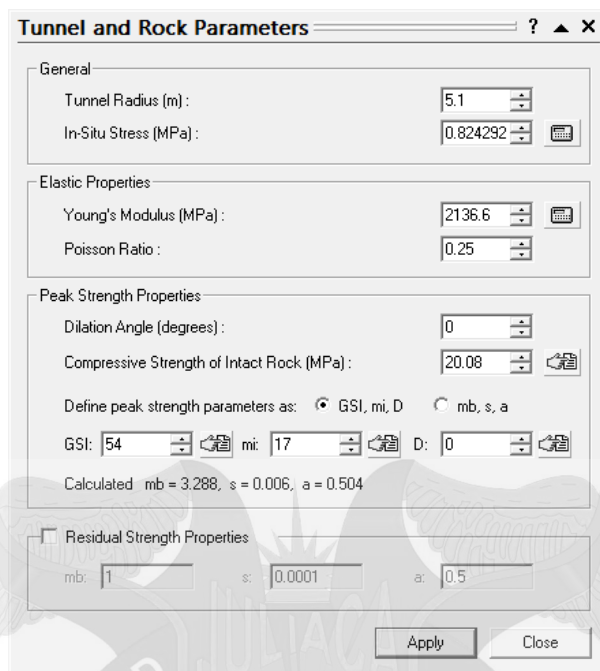
En el gráfico se puede observar que el modulo es reducido a 4.5 Mpa

b. DISEÑO DE SOPORTE

Con el cálculo anterior se logra simular el comportamiento del macizo rocoso con soporte recomendado en el análisis por método empírico según Barton y Bieniawski nos recomienda que el soporte en la unidad geomecánica UG1 pernos de anclaje más concreto lanzado (Shotcrete) de 4 a 5 cm de espesor, pernos de anclaje de longitud de 3 m espaciados a 2.30 m. en lo cual estos soportes con software RocSupport, el factor de seguridad es 6.42 este resultado está por encima de 1 en lo cual nos indica que es estable, pero se tiene en cuenta como criterio ingenieril que el diseño de soporte es para túnel vial y en roca arenisca que tiene módulo de young de 2136.6 Mpa, en lo cual en la presente investigación se ha maximizado el factor de seguridad con cerchas metálicas y concreto lanzado (shotcrete) con un factor de seguridad de 28.89 como se observa en las figura N° 67.

b.1 SIMULACION DE SOPORTE CON ROCSUPPORT

Figura N°65 Introducción de datos a Rocsupport



Tunnel and Rock Parameters

General

Tunnel Radius (m): 5.1

In-Situ Stress (MPa): 0.824292

Elastic Properties

Young's Modulus (MPa): 2136.6

Poisson Ratio: 0.25

Peak Strength Properties

Dilation Angle (degrees): 0

Compressive Strength of Intact Rock (MPa): 20.08

Define peak strength parameters as: ☒ GSI, mi, D ☐ mb, s, a

GSI: 54 mi: 17 D: 0

Calculated mb = 3.288, s = 0.006, a = 0.504

☐ Residual Strength Properties

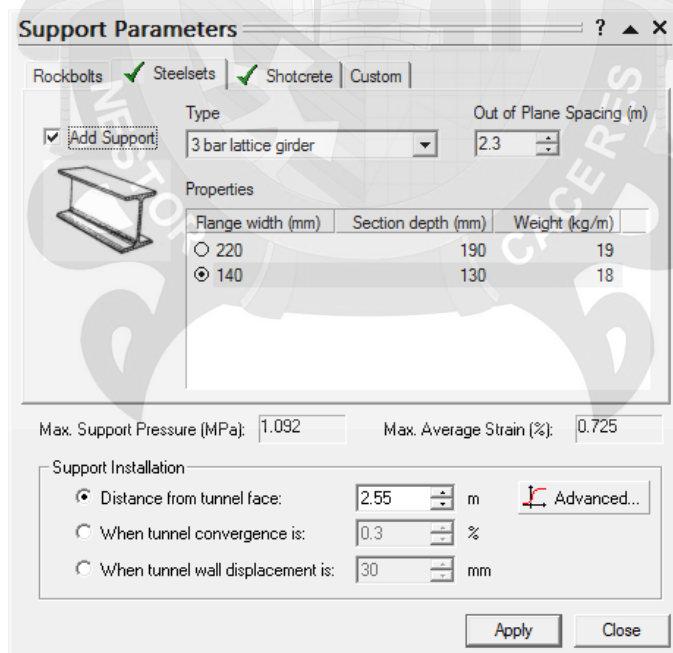
mb: 1 s: 0.0001 a: 0.5

Apply Close

Fuente: Propio – Rocsupport

Datos de Cercha metálica: H= 13 cm, B=14 cm, Peso = 18 kg/m, espaciamiento entre cerchas cada 2.3m y distancia entre cara de túnel y sostenimiento 2.55m.

Figura N° 66. Introducción de datos a Rocsupport



Support Parameters

Rockbolts ☒ Steelsets ☒ Shotcrete ☐ Custom

☒ Add Support

Type: 3 bar lattice girder

Out of Plane Spacing (m): 2.3

Properties

Flange width (mm)	Section depth (mm)	Weight (kg/m)
<input type="radio"/> 220	190	19
<input checked="" type="radio"/> 140	130	18

Max. Support Pressure (MPa): 1.092

Max. Average Strain (%): 0.725

Support Installation

☒ Distance from tunnel face: 2.55 m

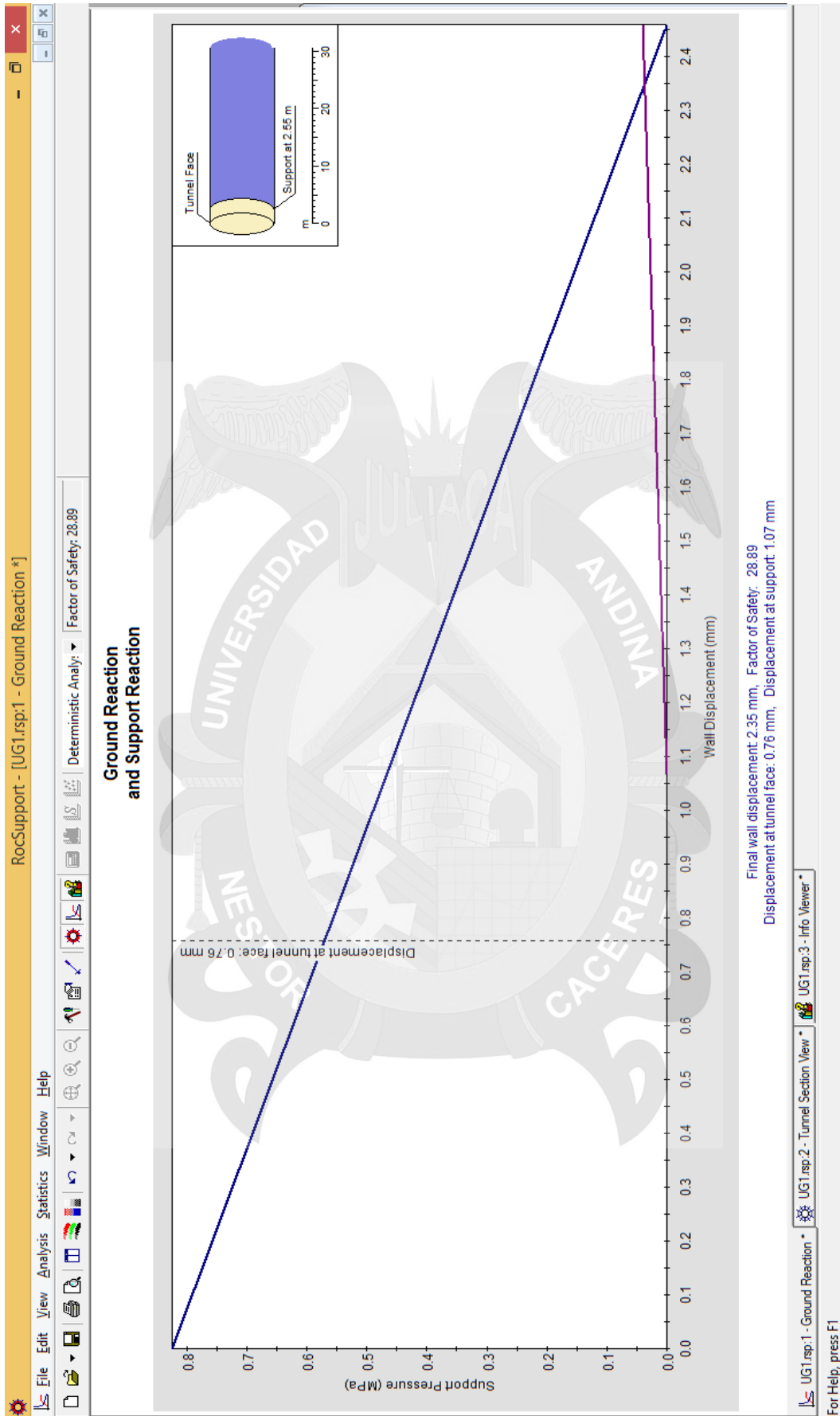
☐ When tunnel convergence is: 0.3 %

☐ When tunnel wall displacement is: 30 mm

Apply Close

Fuente: Propio - Rocsupport

Figura N° 67. Resultados de Rocsupport



Fuente: Propio - Rocsupport

Cuadro N° 66. Resultados de Rocsupport

Información de Proyecto con RocSupport**Datos del proyecto:**

Título del Proyecto: **APLICACIÓN DE ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA**

Solución Método: Carranza-Torres solución

Análisis Tipo: Determinístico

Análisis de Resultados:

Factor de seguridad: **28.89**

Presión de Soporte Movilizado: **0.04 MPa**

Con soporte instalado:

Radio plástico Zona r_p : **5.1 m**

Desplazamiento de pared u_p : **2.35 mm**

Convergencia del túnel : **0.05 %**

Sin Soporte instalado:

Radio Plástico Zona r_p : **5.12 m**

Desplazamiento de pared u_p : **2.46 mm**

Convergencia del túnel : **0.05 %**

Deformación en la clave del túnel:

Desplazamiento de pared: **0.76 mm**

Convergencia del túnel : **0.01 %**

Presión Crítica p_{cr} : **0.01 MPa**

Parámetros del túnel y roca:

Radio de Túnel r_o : **5.1 m**

Esfuerzo In-Situ p_o : **0.824292 MPa**

Young's Modulus E : **2136.6 MPa**

Poisson Ratio ν : **0.25**

Angulo de dilatación ψ : **0°**

Resistencia a la compresión de la roca intacta σ_{ci} : **20.08 MPa**

Parámetros de resistencia máxima definidos como : GSI, m_i , D

Índice de resistencia geológica GSI : **54**

Constante del macizo rocoso m_i : **17**

Factor de disturbancia : **0**

No usando residual parámetro de resistencia

Parámetros de Soporte:**Combinación Total :**

Capacidad máxima de Soporte - Presión: **1.092 MPa**

Promedio máximo de deformación unitaria : **0.725 %**

Distancia instalada en frente del tunel : **2.55 m**

Convergencia inicial del túnel : **0.02 %**

Desplazamiento inicial de la pared : **1.07 mm**

Conjunto de Acero:

Tipo: **3 barras - cercha reticular**

Propiedades: **ancho de brida = 140 mm, altura = 130mm, peso = 18 kg/m**

Capacidad máxima de Soporte - presión: **0.342 MPa**

Promedio máximo de deformación unitaria: **1.35 %**

Espaciamento de cada cercha metálica: **2.3 m**

Shotcrete:

Propiedades: **espesor = 100 mm, tiempo = 28 días, UCS = 28 MPa**

Capacidad máxima de soporte - presión : **0.75 MPa**

Promedio máximo de deformación unitaria: **0.1 %**

Fuente: Propio - Rocsupport

Resumen

Simulación con Cercha metálica más concreto lanzado se observa en el cuadro N° 67

Cuadro N° 67 Parámetros de Simulación con Cercha reticular más concreto lanzado

Parámetro	Sin Soporte	Cercha reticular + Concreto lanzado
Factor de seguridad	N/A	28.89
Presión de soporte movilizada (MPa)	N/A	0.04
Radio de la zona plástica (m)	5.12	5.1
Convergencia final del túnel (%)	0.05	0.05
Desplazamiento final de la pared (mm)	2.46	2.35
Capacidad máxima de Soporte (Mpa)	N/A	1.092

Fuente: propio, RocSupport

Simulación con pernos de anclaje más concreto lanzado se observa en el cuadro N° 68

Cuadro N° 68. Parámetros de Simulación con pernos de anclaje más concreto lanzado

Parámetro	Sin Soporte	Pernos de Anclaje + Concreto lanzado
Factor de seguridad	N/A	6.42
Presión de soporte movilizada (MPa)	N/A	0.07
Radio de la zona plástica (m)	5.12	5.1
Convergencia final del túnel (%)	0.01	0.04
Desplazamiento final de la pared (mm)	2.46	2.26
Capacidad máxima de Soporte (Mpa)	N/A	0.432

Fuente: Propio, RocSupport

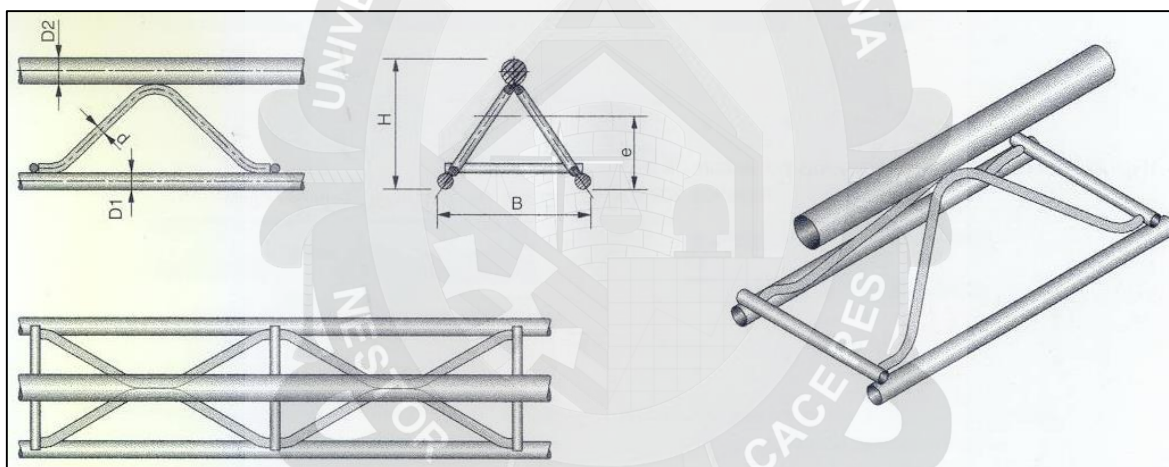
b.2 DEFINICION DE PROPIEDADES DE SOPORTE EN PHASE2

Con la simulación anterior con RocSupport se ha obtenido que el soporte en el diseño de túnel vial es cercha reticular con concreto lanzado con un factor de seguridad de 28.89, que en la presente investigación se desea diseñar con un factor de seguridad mínima de 10, las propiedades.

b.2.1 CALCULO DE DIAMETRO DE ACERO.

Con RocSupport se ha simulado cercha reticular con peso de 18 Kg/m con sección transversal de 14 cm de ancho y 13 cm de altura de acuerdo a estos datos se calcula el diámetro de acero y según el mercado peruano que tiene disponible SIDERPERU, el modelo de la Cercha metalica se observa en la figura N° 68.

Figura N° 68. Modelo de cercha reticular



Fuente: Catalogo de técnicas de entibación S.A.

Cuadro N° 69. Calculo de diámetro de acero

Descripción	cantidad	Diámetro Pulgadas	Peso Unitario Kg/m	Peso parcial Kg/m
D2	1	1 3/8	7.91	7.91
D1	2	1	3.97	7.94
d	3	3/8	0.56	1.68
Total				18

Fuente: Propio, Siderperú.

b.2.2 PROPIEDADES DE ACERO CORRUGADO.

La norma ASTM A615, Acero grado 60 cubre los aceros de refuerzo que se utilizan con mayor frecuencia en nuestro país son prácticamente los únicos que utilizamos, las propiedades como dato se observa en el cuadro N° 70.

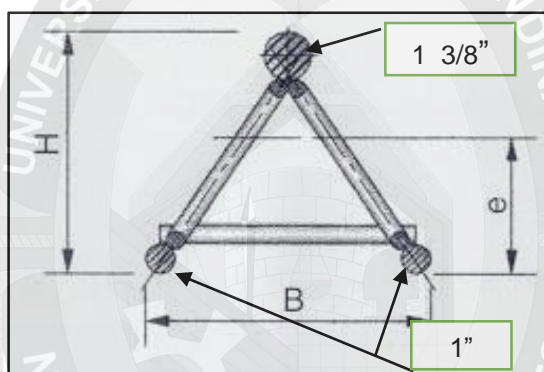
Cuadro N° 70. Propiedades de acero

	kg/cm ²	Mpa
Módulo de Young	2,000,000.00	196,078.43
Coeficiente de poisson	0.30	
Resistencia a la tracción	6,334.20	621.00

Fuente: Siderperú

b.2.3 CÁLCULO DE MOMENTO DE INERCIA DE CERCHA RETICULAR

Figura N° 69. Sección transversal de cercha reticular



Fuente: Catalogo de técnicas de entibación S.A.

H= 13 cm

B=14 cm

Cuadro N° 71. Cálculo de Momento de Inercia de Cercha metálica

ACERO	d cm	Área cm ²	X cm	Y cm	M _x = A*Y cm ³	M _y =A*X cm ³	X̄=M _y /A cm	Ȳ= M _x /A cm
1	2.54	5.07	1.27	1.27	6.44	6.44	7	6.22
2	2.54	5.07	12.73	1.27	6.44	64.50		
3	3.58	10.07	7	11.21	112.84	70.46		
Total		20.20			125.71	141.40		

Fuente: propio

Cuadro N° 72. Resultado de Cálculo de Momento de Inercia de Cercha metálica

ACERO	$I_x = (\pi \cdot d^4 / 64) + A(Y - Y_c)^2$ cm ⁴	$I_y = (\pi \cdot d^4 / 64) + A(X - X_c)^2$ cm ⁴
1	126.36	168.41
2	126.36	168.41
3	258.38	8.06
Total	511.11	344.88

Fuente: Propio

Momento de Inercia = 344.88 cm⁴ = 3.4488e-06 m⁴, Área de acero=0.00202m² para Phase2

b.2.4 PROPIEDADES DE CONCRETO LANZADO (SHOTCRETE)

El valor de f'_c , se utiliza generalmente como indicador de calidad de concreto en la presente investigación se diseña el soporte con concreto $f'_c = 280$ kg/cm² con un espesor de 10 cm y la propiedades son los siguientes.

Cuadro N° 73. Propiedades de concreto Lanzado

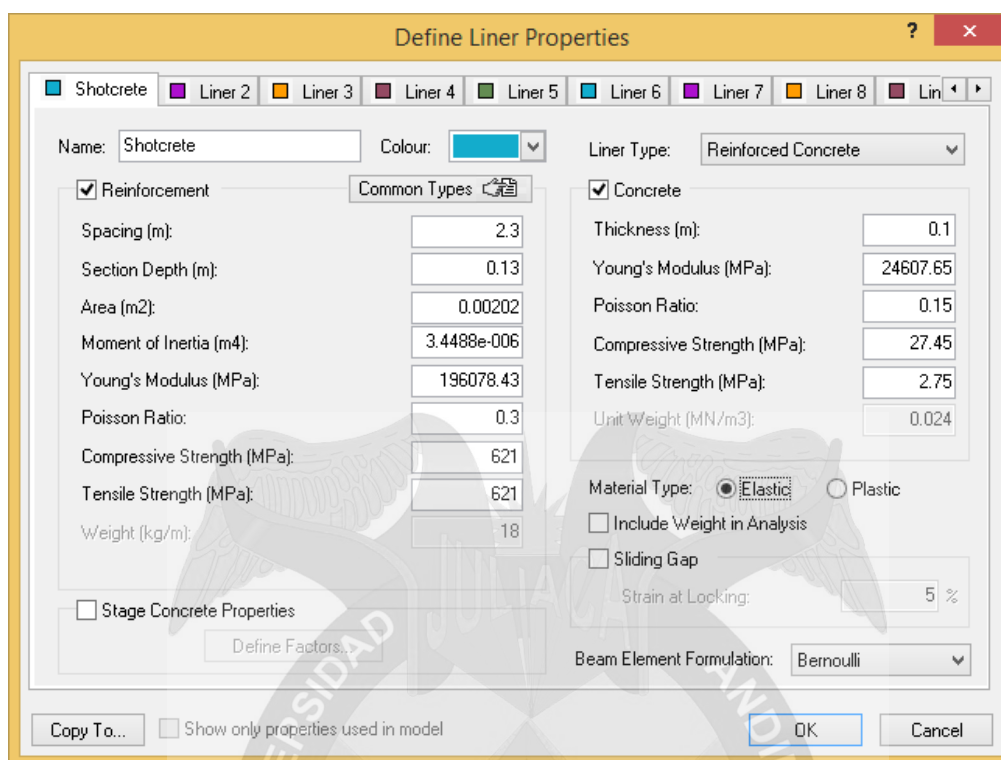
	Kg/cm ²	Mpa
Modulo Young	250998	24607.65
Coeficiente Poisson	0.15	
Resistencia a la compresión	280	27.45
Resistencia a la tracción	28	2.75

Fuente: Propio Calculado, Curso de Concreto armado I - UANCV

b.3 INTRODUCCIÓN DE DATOS A PHASE2

Con los cálculos y datos anteriores se introduce los datos al software Phase2 V. 7.0 como se observa en la figura 70 y 71.

Figura N° 70. Introducción de datos a Phase2



Define Liner Properties

Shotcrete | Liner 2 | Liner 3 | Liner 4 | Liner 5 | Liner 6 | Liner 7 | Liner 8 | Lin 9

Name: Shotcrete Colour: [Blue] Liner Type: Reinforced Concrete

☒ Reinforcement Common Types [Icon]

Spacing (m): 2.3

Section Depth (m): 0.13

Area (m²): 0.00202

Moment of Inertia (m⁴): 3.4488e-006

Young's Modulus (MPa): 196078.43

Poisson Ratio: 0.3

Compressive Strength (MPa): 621

Tensile Strength (MPa): 621

Weight (kg/m): 18

☐ Stage Concrete Properties Define Factors...

☒ Concrete

Thickness (m): 0.1

Young's Modulus (MPa): 24607.65

Poisson Ratio: 0.15

Compressive Strength (MPa): 27.45

Tensile Strength (MPa): 2.75

Unit Weight (MN/m³): 0.024

Material Type: ☒ Elastic ☐ Plastic

☐ Include Weight in Analysis

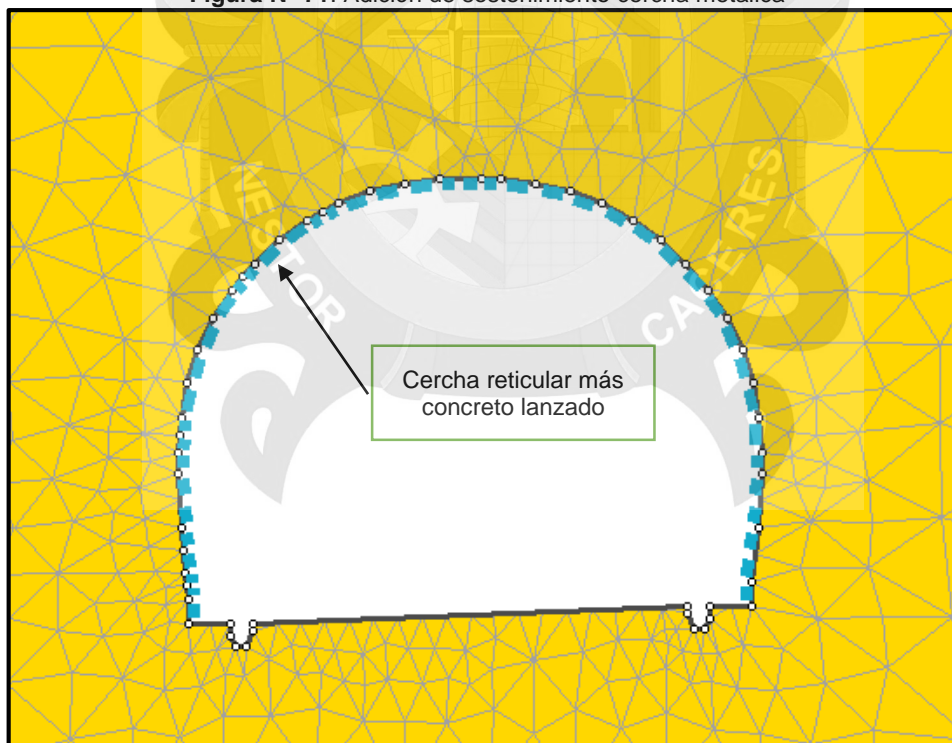
☐ Sliding Gap Strain at Locking: 5 %

Beam Element Formulation: Bernoulli

Copy To... ☐ Show only properties used in model OK Cancel

Fuente: Propio, software Phase2

Figura N° 71. Adición de sostenimiento cercha metálica

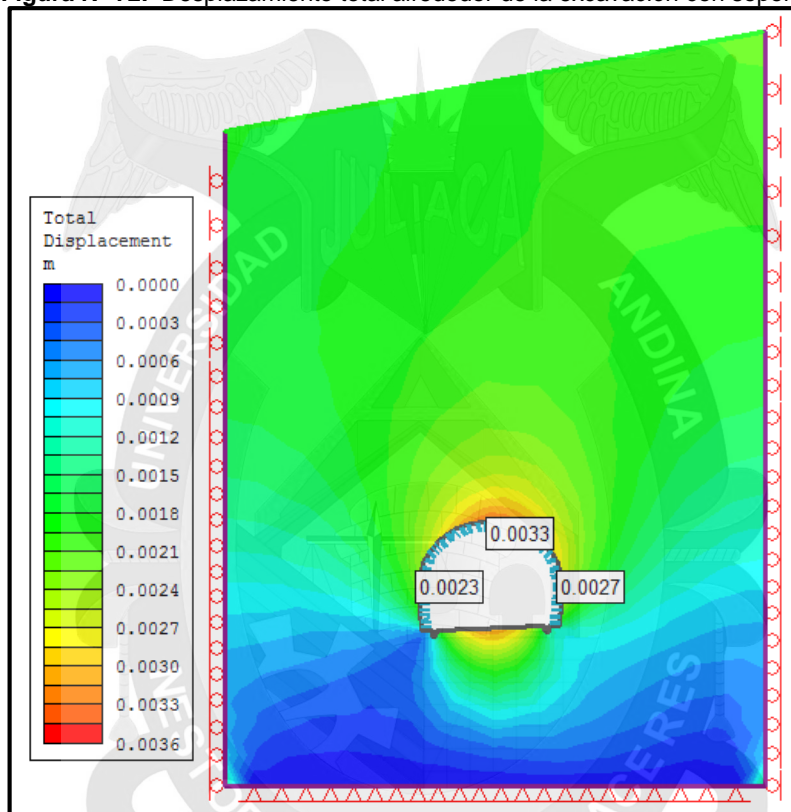


Fuente: Propio, software Phase2

b.3.1 DESPLAZAMIENTOS FINALES

Una vez definida las propiedades se corre el software para los resultados finales de desplazamiento total de las paredes y techo del túnel como se puedes observar en la figura N° 72

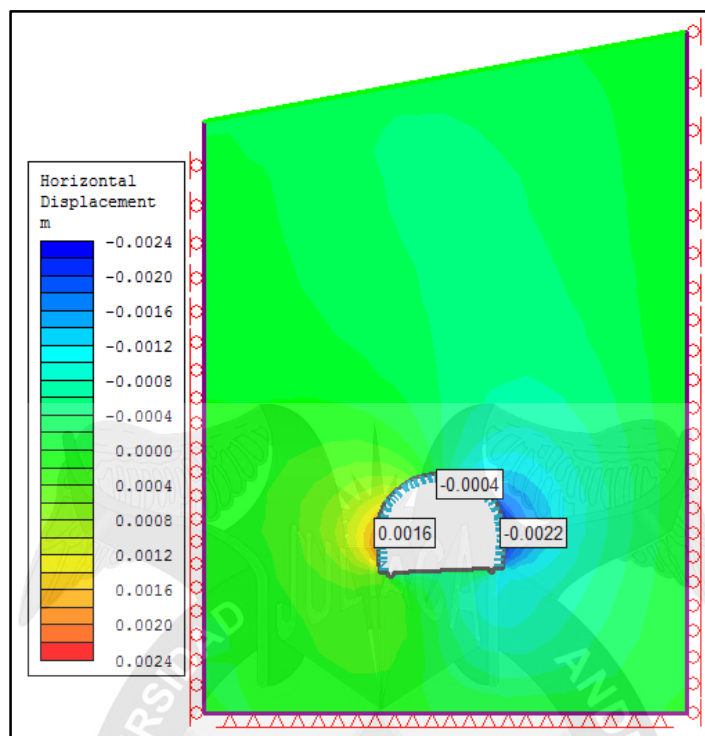
Figura N° 72. Desplazamiento total alrededor de la excavación con soporte



Fuente: Propio, software Phase2

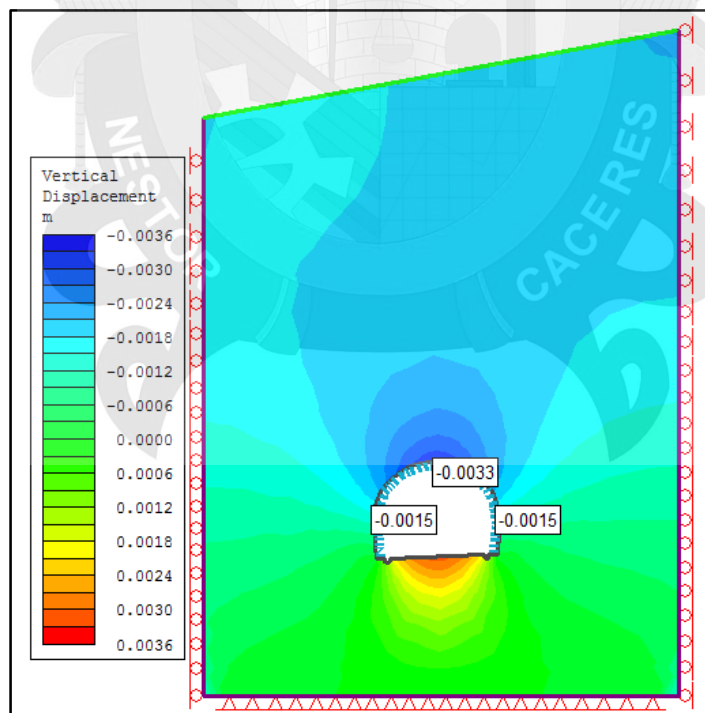
En las figuras 72, 73 y 74 se muestran los desplazamientos finales, horizontales y verticales con soporte instalado.

Figura 73. Desplazamiento horizontal alrededor de la excavación, con soporte



Fuente: Propio, software Phase2

Figura 74. Desplazamiento vertical alrededor de la excavación, con soporte

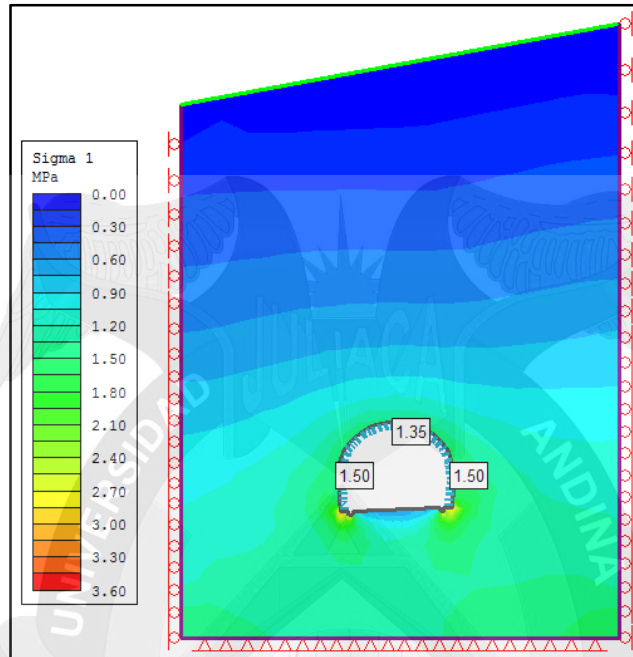


Fuente: Propio, software Phase2

b.3.2 ESFUERZOS PRINCIPALES

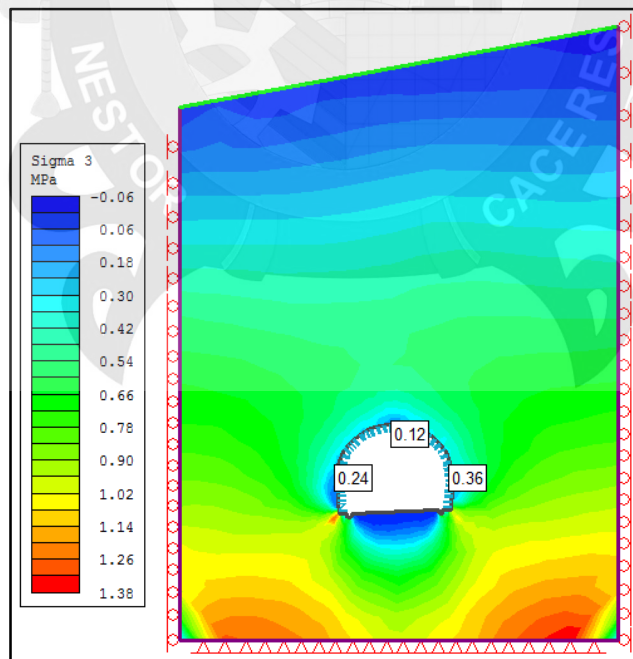
Seguidamente en las figuras 75 y 76 se muestran los esfuerzos principales inducidos por la excavación al macizo rocoso y con soporte.

Figura 75. Esfuerzo principal mayor (σ_1), del macizo rocoso.



Fuente: Propio, software Phase2

Figura 76. Esfuerzo principal menor (σ_3), del macizo rocoso.

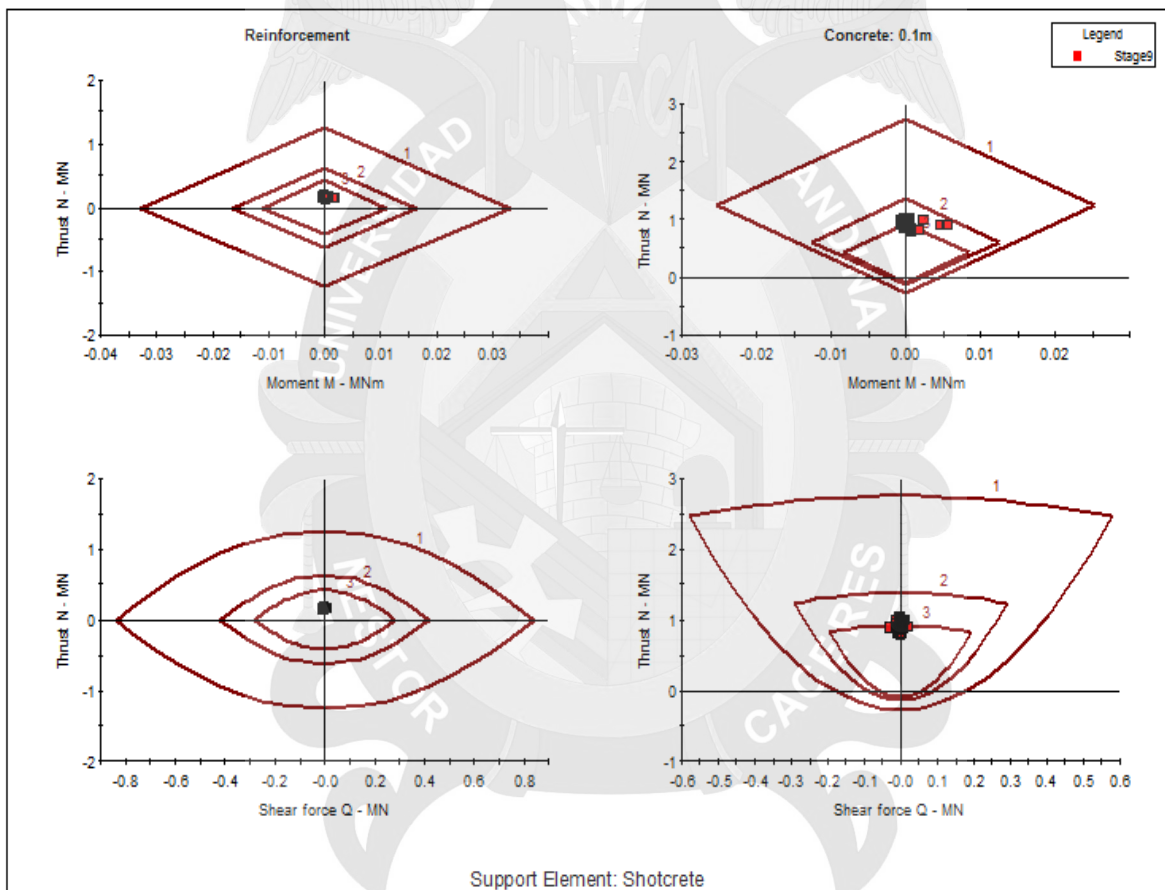


Fuente: Propio, software Phase2

b.3.3 DIAGRAMAS DE CARGA AXIAL, FUERZA CORTANTE Y MOMENTO

En la Grafica N° 12 presenta un conjunto de graficas de momentos y cortantes del concreto lanzado reforzado con cercha reticular de 2 varillas de 1" y 1 varilla de 1 3/8", relacionados con la línea de soporte utilizado, donde se distribuye de acuerdo a la acción de cada elemento que conforma la sección equivalente, las líneas rojas representan el factor de seguridad.

Gráfica N° 12. Diagramas de capacidad de soporte de cercha reticular y concreto lanzado para el revestimiento final representado por tres envolventes asociado al factor de seguridad.

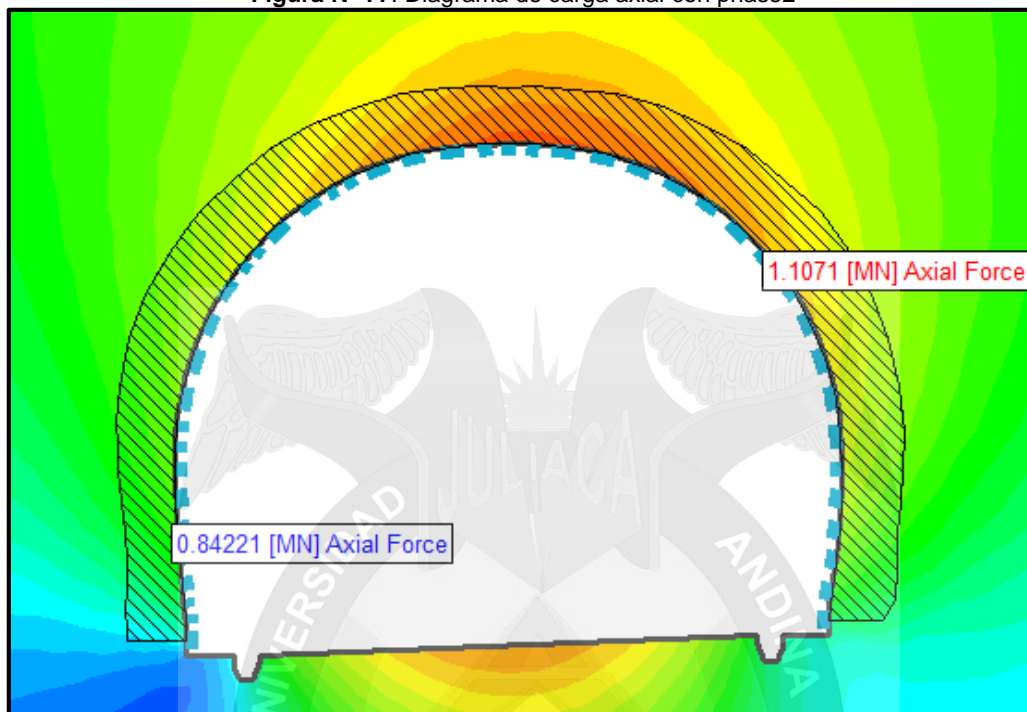


Fuente: Propio, software Phase2

En la figura anterior nos indica que la cercha reticular tiene un factor de seguridad de 3 y el concreto lanzado con un factor de seguridad de 2 esto nos indica que el concreto lanzado tiene menor capacidad de soporte que la cercha reticular, los dos elementos estructurales tienen un factor de seguridad mayor a 1

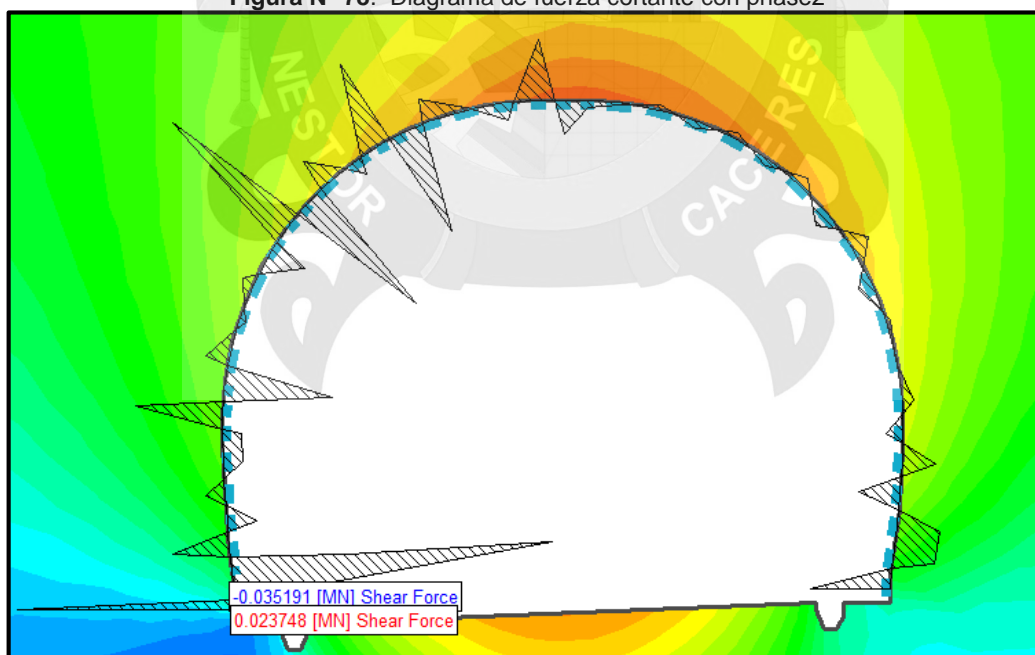
en lo cual nos indica que el túnel es estable con estos soportes, en las siguientes figuras se observa los diagramas de momento, fuerza axial y fuerza cortante.

Figura N° 77. Diagrama de carga axial con phase2



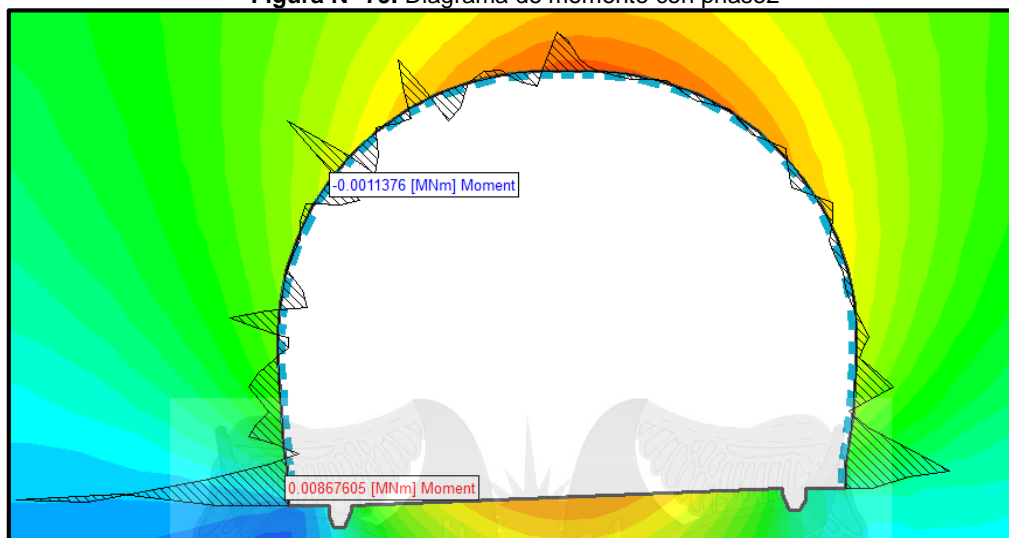
Fuente: Propio, software Phase2

Figura N° 78. Diagrama de fuerza cortante con phase2



Fuente: Propio, software Phase2

Figura N° 79. Diagrama de momento con phase2



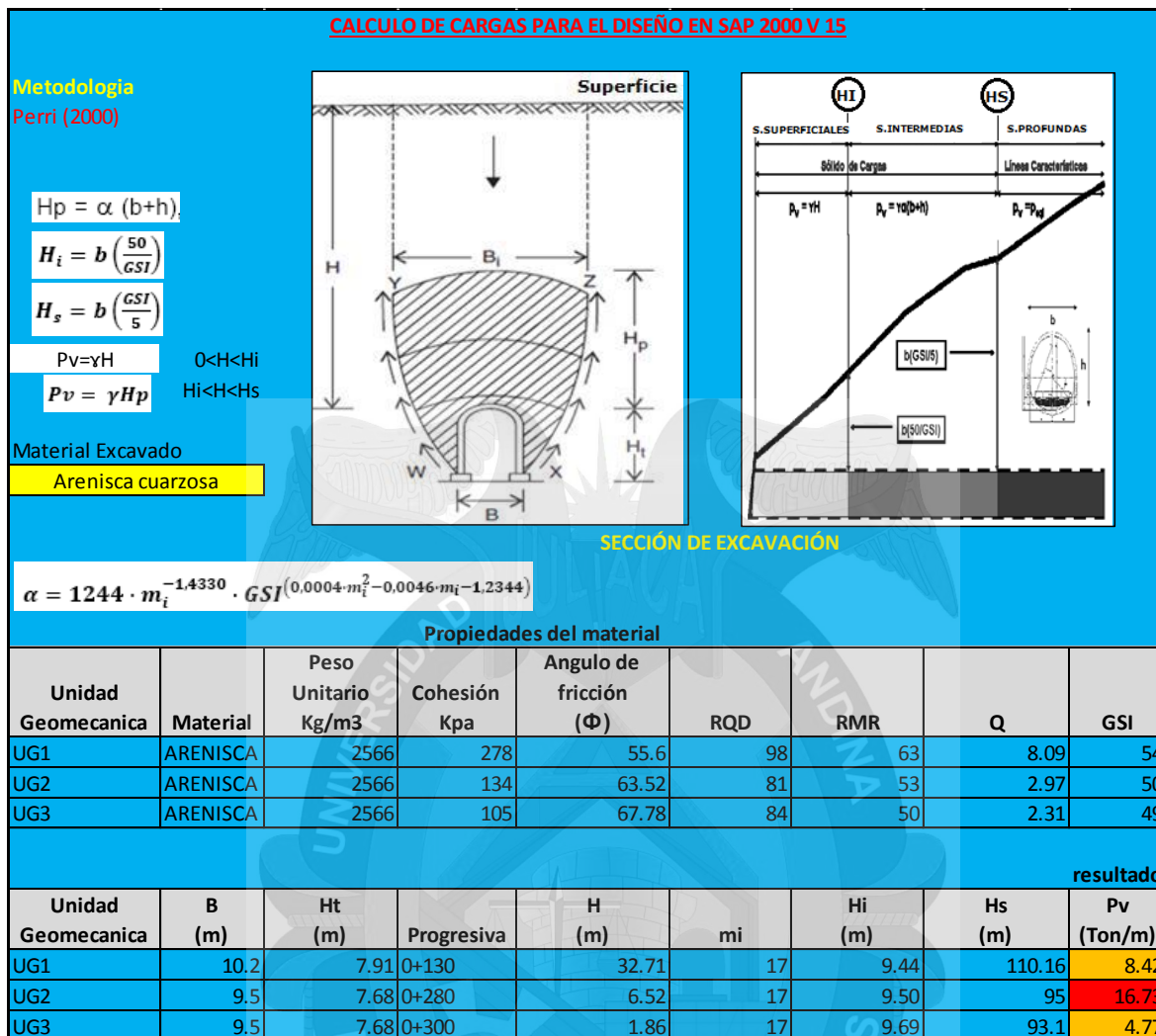
Fuente: Propio, software Phase2

En las figuras se han observado la distribución de carga axial, cortante y momento flector generados alrededor de la sección de diseño del túnel con sostenimiento planteado con cercha reticular en conjunto con el concreto lanzado.

3.8 ESTIMACION DE CARGA SOBRE EL SOPORTE PARA EL MODELO EN SAP 2000

Para realizar el método por medio del software estructural SAP 2000 se ha utilizado el criterio de Gianfranco Perri para estimar carga sobre el soporte este criterio es la que más se aproxima a la realidad, en la siguiente Cuadro N°74 se observa el cálculo de cargas según las ecuaciones desarrolladas en el marco teórico.

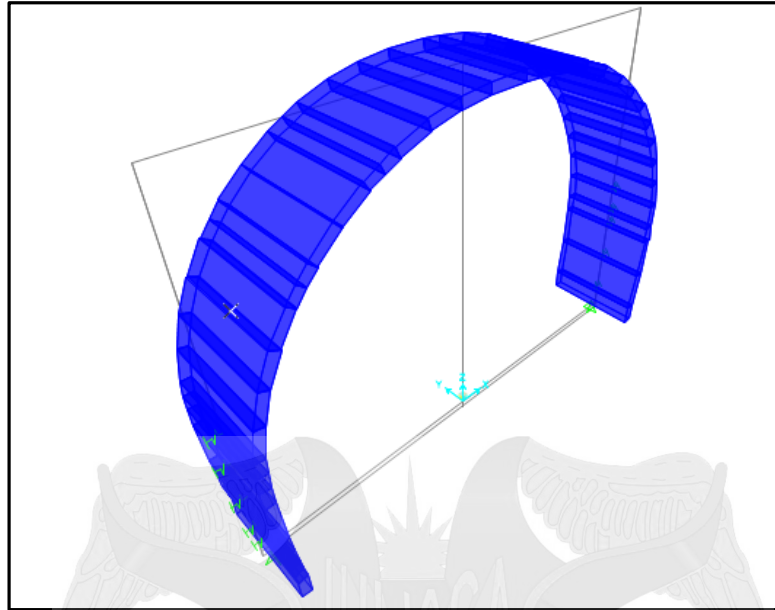
Cuadro N° 74. Memoria de cálculo de carga vertical para SAP 2000



Fuente: Propio, Excel

La sección del concreto lanzado es de 2.30 de ancho que representa la separación de cada cercha instalada y 0.20 m de espesor que representa la altura de la cercha más el recubrimiento de 3.5 cm, con un concreto lanzado de 280 Kg/cm².

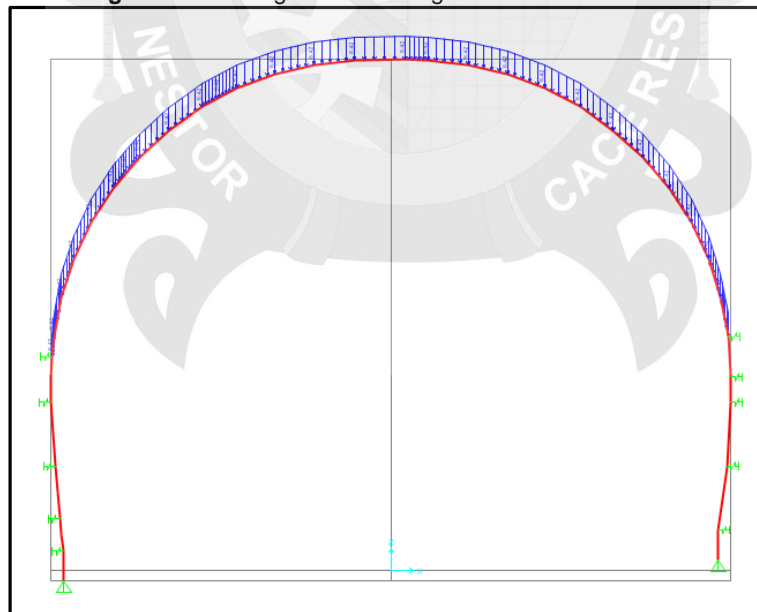
Figura N° 80 Diseño de sección de concreto lanzado más Cercha reticular en 3d



Fuente: Propio, SAP 2000 V. 15

Se aplica una carga normal de tipo gravitacional en la superficie del soporte como se observa en la figura N° 81 se simulan las características geomecánicas del macizo rocoso mediante resortes en la que representa la reacción del macizo rocoso, rigidez o módulo de balasto, es $E=3005.58 \text{ ton/m}^3$ en lado izquierdo y en lado derecho es $E= 2,629.88 \text{ Ton/m}^3$

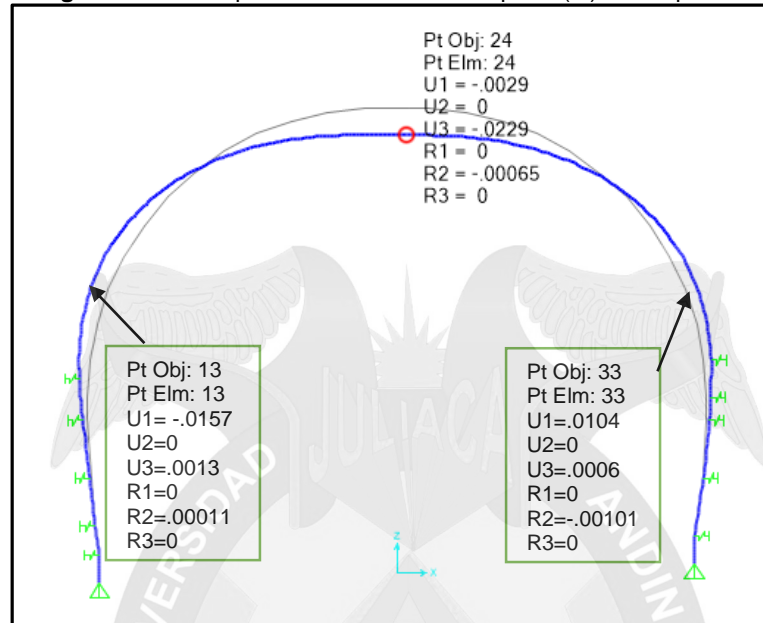
Figura N° 81. Asignación de carga vertical de 8.42 ton/m



Fuente: Propio, SAP 2000 V. 15

Los desplazamientos se pueden observar en la figura N° 82 en la que U1 representa el desplazamiento horizontal y U3 representa el desplazamiento vertical, se basan en el efecto de arqueo.

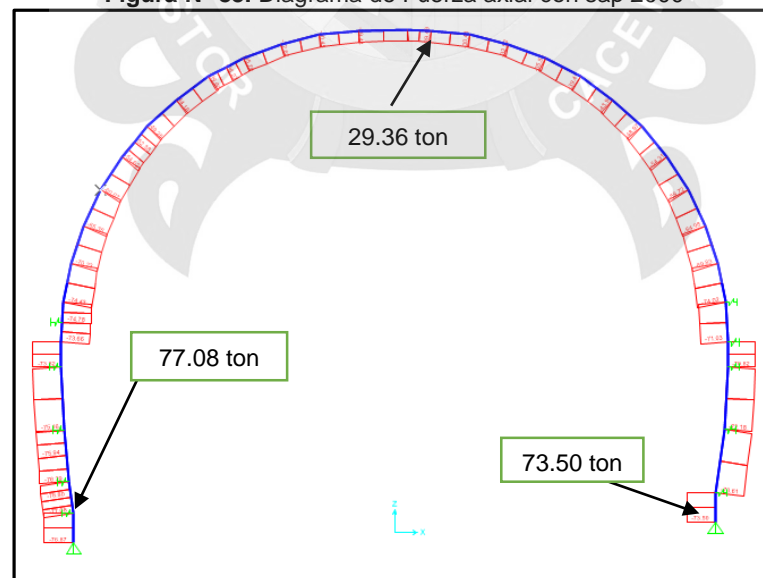
Figura N° 82. Desplazamientos sobre el soporte (m) con sap 2000



Fuente: Propio, SAP 2000 V. 15

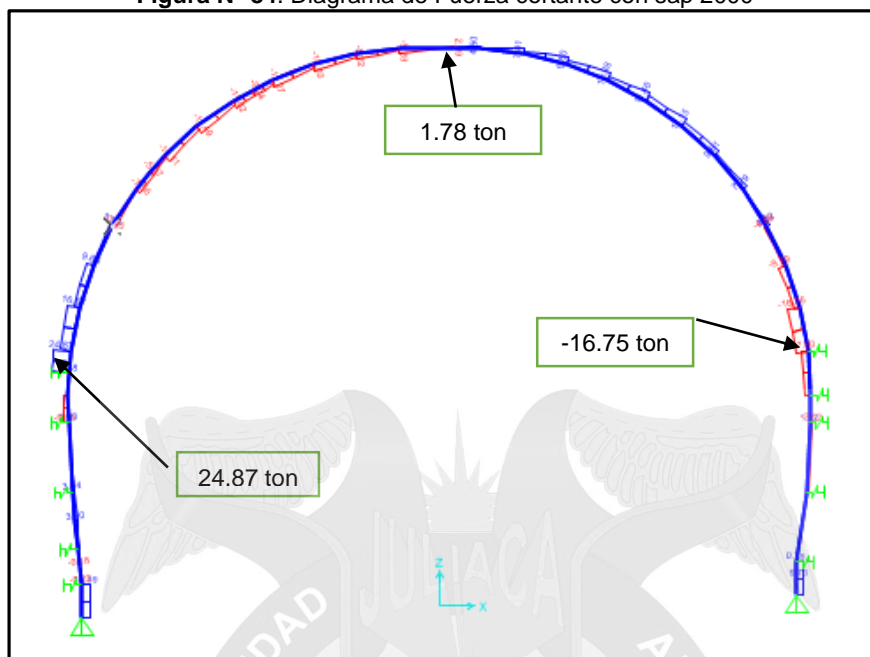
En las siguientes figuras se pueden observar claramente los diagramas de fuerza axial, fuerza cortante y momento flector con valores máximos, medios y mínimos.

Figura N° 83. Diagrama de Fuerza axial con sap 2000



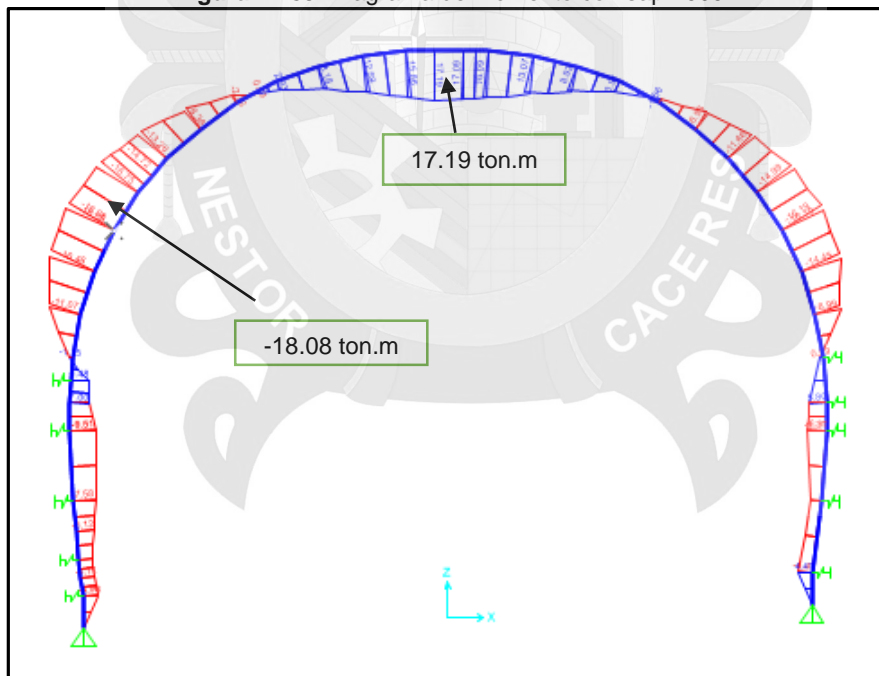
Fuente: Propio, SAP 2000 V. 15

Figura N° 84. Diagrama de Fuerza cortante con sap 2000



Fuente: Propio, SAP 2000 V. 15

Figura N° 85. Diagrama de momento con sap 2000



Fuente: Propio, SAP 2000 V. 15

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El desarrollo del presente trabajo se ha iniciado eligiendo una proyección de interconexión vial con un Túnel del Jr. Salaverry al Jr. Hipolito Unanue de la ciudad de Juliaca que será una obra subterránea, lo cual permitirá el completo seguimiento de su ejecución, en este caso el proyecto de Túnel vial de la prolongación del Jr. Salaverry, comprenderá un túnel de sección tipo trapezoidal curvaada. En el presente trabajo se ha basado en información previa generada en la investigación cuantitativa y cualitativa, en un macizo rocoso constituido por roca sedimentaria (grupo izcay con simbología Ps-is). Conformada por areniscas cuarzosas con estratificación sesgada de limolitas y lutitas fosilíferas, la arenisca cuarzosa tiene una textura grano mediano. Durante el proceso de Investigación se ha identificado las unidades geomecánicas en el cerro Santa Cruz en lo cual se realizó el mapeo geomecánico de las discontinuidades de las rocas, luego se ha zonificado las áreas de influencia por el método de la poligonación de cada unidad geomecanica, seguidamente se llevó muestra de roca al laboratorio de Geomecanica de rocas de la Universidad nacional del Altiplano para obtener la resistencia de compresión simple, con los datos obtenidos se trabajó en el diseño de una propuesta de soporte, analizando un escenario donde pueda ser utilizado, en condiciones donde garantice la estabilidad de la excavación y la seguridad del Tunel Vial. Con esto se garantiza la factibilidad técnica de utilizar el sostenimiento propuesto contra la inestabilidad del macizo rocoso.

En el presente trabajo se elaboraron un perfil geológico con levantamientos en campo y con la informacion de INGEMMET, a partir de mapeo geológico. El perfil geológico del túnel vial de la Prolongación del Jr. Salaverry está plasmado por una sección transversal, que representa las paredes de una excavación trapezoidal curvaada, que tiene una longitud de 334.76m y una pendiente de -



0.24% , donde se pueden observar metro a metro los detalles del perfil, el perfil del túnel está resumido en un corte longitudinal que permite conocer no solo la litología del perfil por donde pasa el túnel, sino también las Unidades geomecánicas encerradas en el macizo rocoso, como planos de falla , discontinuidades y los diferentes planos de estratificación presentes.

El análisis estático de la proyección del túnel vial se realizó por medio de datos obtenidos de campo y del plano topográfico del cerro Santa Cruz, las cuales se realizaron mapeo geomecánico de las discontinuidades del macizo rocoso, identificación de orientaciones y inclinación de la estructura rocosa y extracción de la roca intacta para el laboratorio. Para obtener datos de campo se usaron herramientas como: picota geológica, navegador de GPS, cordel de 50m, brújula, wincha de 50m, flexómetro de 5m, cámara fotográfica, libreta de apuntes, etc. Los resultados de obtención de datos se pueden observar en el cuadro 4, 12, 20, 28, 36, 44 y 52 obtenidos en el cerro Santa Cruz con proyección a trazo de un túnel vial respectivamente, también se muestran gráficas de las discontinuidades formando cuñas de cada estación procesados en el software Dips mostradas en las figuras 28, 30, 32, 34, 36, 38 y 40 , las características físicas del macizo rocoso de las unidades geomecánicas se han obtenido resultados según los sistemas de clasificación geomecánica como son: en la estación o celda 01 (E01) el RMR = 63 de clase II con una descripción del macizo rocoso "Bueno", con un índice $Q=8.09$, que corresponde a grupo 2, clasificación "Regular" y con un GSI=54, con estructura de masa rocosa moderadamente fracturada, con condición superficial de masa rocosa regular, esto que corresponde a la unidad geomecánica 01 (UG=01), las estaciones E02, E02 y E04 no influyen en el trazo del túnel vial; en las estaciones E05, E06 y E07 el RMR = 50 a 53 de clase III con descripción "Medio", con un Índice $Q= 2.31$ a 2.97 que corresponde a grupo con clasificación "Mala" y con GSI=50 con estructura de masa rocosa de masa rocosa moderadamente fracturada y con condición superficial de masa rocosa "Regular" estos resultados nos indica que si es viable para una construcción de un Túnel vial. Las características y propiedades mecánicas o geomecánicas se han obtenido en el laboratorio de Geomecánica de rocas en la universidad Nacional del Altiplano y en software Roc Lab obteniendo la resistencia a la compresión Simple $\sigma_c=20.08$ Mpa, peso unitario $\gamma_t=0.0252$ MN/m³, los demás propiedades geomecánicas se pueden observar en los cuadros 60, 61 y 62 para cada unidad geomecánica, con estos



resultados se indica que las propiedades geomecánicas son óptimas en el diseño del túnel vial.

En relación con lo anterior, se procedió a clasificar el macizo en tres unidades geomecánicas, las cuales se determinaron en función al trazo del túnel vial, la litología y las características geomecánicas, zonificadas por el método de la poligonación, en lo cual se han obtenido los ambientes de alteración y propiedades geomecánicas. Apoyados en la bibliografía, ensayos de campo y laboratorio descritos en el presente trabajo de investigación, se logró confirmar parámetros como el módulo de elasticidad en el software Roc Lab y se consideró aceptable para la definición de estas unidades Geomecánicas.

En el diseño del túnel vial la estabilidad de la carga volumétrica del macizo rocoso según análisis de cuñas con el software UNWEDGE, en la progresiva 0+030 a 0+130 el factor de seguridad $FS=89.445$, progresiva 0+130 a 0+270 el $FS=9.349$, progresiva 0+270 a 0+295 el $FS=17.004$ y en la progresiva 0+295 a 0+306 el $FS=20.286$, estos resultados nos indican que la carga volumétrica de las cuñas es estable, el tramo más crítico que se puede observar es el tramo 0+130 a 0+270 debido a la curva del túnel que voltea de Sur oeste a Sur Este y que la estructura del macizo rocoso es desfavorable para su excavación pero su factor de seguridad es igual a 9.349 esto es mayor a 1.5 entonces la carga volumétrica es estable.

En el presente trabajo de investigación se ha analizado un modelo de elementos finitos con el software Phase 2 (versión 7.0), con el objetivo de realizar simulación el comportamiento del soporte dentro de la excavación. En este modelo se consideraron las características elastoplásticas que siguen el criterio de ruptura de Hoek-Brown, ya que representa un comportamiento más real del macizo rocoso. En este trabajo se realizó un análisis bidimensional con el software Phase 2 version 7.0 en lo cual se puede observar figura 63 desplazamiento sin sostenimiento

En la sección del túnel Los esfuerzos y deformaciones alrededor, de las unidades geomecánicas (UG), a lo largo de sus progresivas. Se logra graficar la curva característica del terreno y se determina la magnitud de cerramiento a 2.55m



detrás del frente, donde será activado el soporte, la cual da un valor de 0.252 cm en el techo de la excavación, donde el módulo necesario para limitar la deformación del túnel el valor es 4.5 MPa. Se asegura la activación del sistema de soporte instalado, permitiéndole al mismo reaccionar ante la deformación que se producirá a medida que avanza la excavación del túnel. Este cálculo se realizó con base en la relación empírica propuesta por Vlachopoulos y Diederichs resumida en este trabajo de investigación.

Luego se procede a la segunda etapa del modelo. La simulación del soporte dentro de la excavación con software ROCSUPPORT, donde se obtuvo la curva de convergencia y curva de confinamiento entre el soporte y el desplazamiento de la roca en la sección del túnel, el soporte compuesto por una cercha reticular (3 varillas, 2 varillas de 1" y 1 varilla de 1 3/8"), revestida de concreto con espesor de 10 cm a lo largo del ancho de separación entre cerchas reticulares.

Con este análisis se obtiene que la deformación que se genera alrededor del sostenimiento, una vez que el soporte se activa, el valor de desplazamiento es de 0.76 mm en la corona del túnel y las paredes es 2.35 mm de desplazamiento con un factor de seguridad de 28.89 con una presión de soporte movilizado de 0.04 Mpa, esto indica que el soporte responde ante esta deformación del macizo rocoso,

Con el Software Phase 2 V 7.0 los desplazamientos finales alrededor de la unidad geomecánica (UG1) en la progresiva 0+130 con soporte de cercha reticular cubierta con concreto lanzado, en la corona del túnel el desplazamiento final es 3.33mm, en la pared derecho es de 2.70mm y en la pared izquierdo es de 2.30mm esto desde el momento que el soporte empieza a trabajar, hasta el momento que la excavación deja de converger. El cual es considerado un valor de convergencia bajo, garantizando que el soporte entra en interacción con la roca y se logra estabilizar la excavación. Se certifica este resultado con un factor de seguridad del orden de 2 a 3, según el diagrama de capacidad de soporte de carga generado por el Phase2, se puede observar en la Grafica N° 12.

Se calculó el área de acero y concreto, donde se obtuvo una cubierta de concreto de 2.30m de ancho de separación entre cerchas metálicas, con un



espesor equivalente de 10 cm y un módulo equivalente aproximado a 24607.65 MPa. Se ha analizado suponiendo comportamiento elástico y se determinaron los momentos y empujes axiales inducidos por la combinación del acero y concreto. Estos esfuerzos fueron distribuidos en función de la rigidez de los elementos que conforman el revestimiento, se generaron los diagramas de capacidad de soporte, los cuales fueron comparados con los diagramas generados por el modelo en Phase 2 versión 7.0.

También La sección equivalente se modeló con el software estructural SAP 2000 versión 15, para completar este modelo se calculó la carga que ejerce la roca sobre el sostenimiento, mediante las metodología establecida por Gianfranco Perri (2000), y se obtuvo una presión vertical de 8,42 Ton/m, se les asignó propiedades de deformación del concreto, y del macizo rocoso se simuló con elementos llamados resortes que reaccionan a compresión y se anulan a tensión, a los cuales se le asignó la magnitud del módulo de reacción del macizo rocoso $E=3005.58$ ton/m³ en lado izquierdo y en lado derecho es $E= 2,629.88$ Ton/m³, simulando las características geomecánicas de la excavación.

Con SAP 2000 (versión 15) se determina que en el peor de los casos, la cercha debe ir acompañada de malla electro soldada y con un espesor de 10 cm concreto lanzado.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

1. Las características físicas y mecánicas del macizo rocoso son óptimas en el análisis estático del túnel vial obteniéndose como resultado favorable para su construcción.
2. En el diseño del túnel vial, la carga volumétrica del macizo rocoso es estable obteniéndose como resultado un factor de seguridad mayor a 1.5 esto indica que la estabilidad es favorable en todo el tramo del túnel
3. El tipo de soporte definitivo del Túnel Vial es Cercha metálica separadas a 2.30 m cubierta con concreto lanzado con losa maciza de 10cm en el área de separación.
4. En Software Phase2 y SAP 2000, se determinó que los dos modelos son diferentes, poseen dos principios de análisis diferentes, el modelo Phase2 está diseñada para geomecánica de rocas en lo cual se toma los resultados en el presente trabajo de investigación.

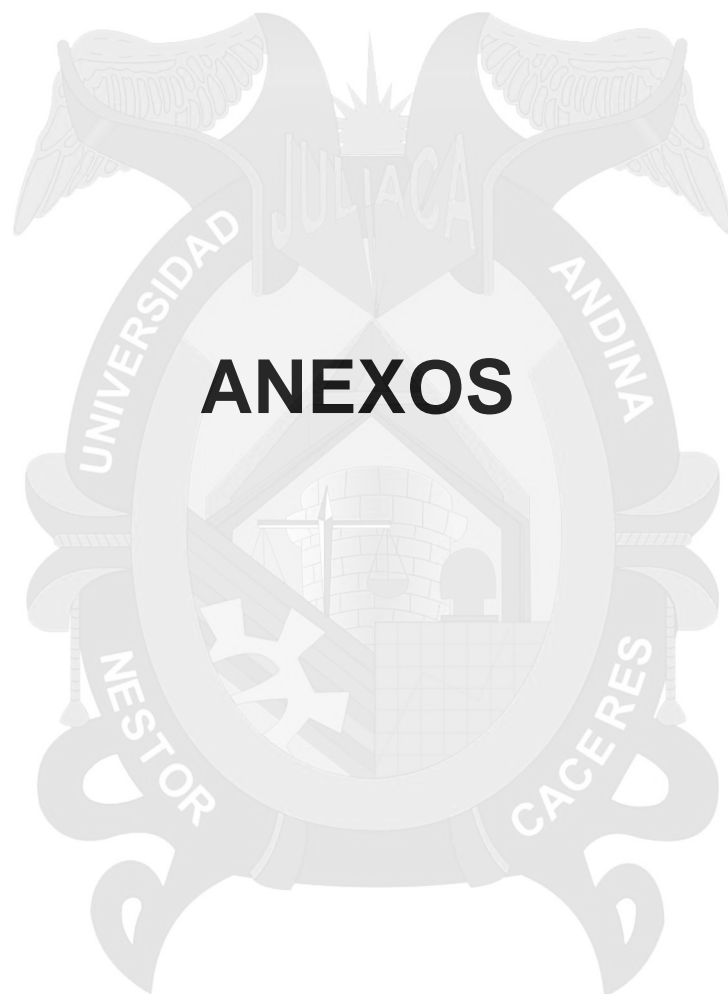


RECOMENDACIONES.

1. En la etapa de ejecución o excavación se recomienda usar maquina ROADHEADER ya que en el presente trabajo de investigación se tomó en cuenta como dato dicha maquina en el análisis estático y diseño geométrico del Túnel vial.
2. Se recomienda emplear malla electro soldada para mayor adherencia con el concreto lanzado en el área de separación entre cerchas metálicas de un ancho de 2.30 m de loza maciza en cada tramo.
3. Para mayor exactitud de obtención de datos del macizo rocoso realizar perforaciones diamantinas desde la superficie en la etapa de ejecución para determinar el nivel freático, contactos litológicos, RQD, fallas, cavernas y bolzonadas de agua.
4. En el avance de la excavación del túnel se recomienda colocar sostenimiento de cercha metálica y concreto lanzado cada 2.50 m

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. NICHOLAS VLACHOPOULOS & MARK S. DIEDERICHS APPROPRIATE (2014). "Uses and Practical Limitations of 2D Numerical Analysis of Tunnels and Tunnel Support Response"
2. ING. GUILLERMO RODRÍGUEZ C. (2014). "Mapeo Geomecanico Para Tuneles y/o Excavaciones Subterranas"
3. DIEGO ROJAS BERMEO (2013). "Interacción Roca-Soporte y Análisis de Deformación Para Túneles en Roca Débil"
4. YULING INDIRA QUISPE ARONÉS (2012). "Comportamiento de Roca Blanda en un Túnel de Exploración Diseñado con el Sistema Q"
5. JOÃO CARLOS NECHO MONTEIRO DE AGUIAR (2010). "Calibração de uma classificação de suportes de túneis com o obtido em modelo"
6. GIANFRANCO PERRI Y ROBERTO PERRI (2010) "Diseño del Soporte de Túneles en Concreto Proyectado Reforzado Con Fibras Metálicas"
7. CARRANZA-TORRES C., (2004). "Elasto-plastic solution the generalized form of the Hoek–Brown failure criterion. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences"
8. SOCIEDAD NACIONAL DE MINERÍA, PETRÓLEO Y ENERGÍA (2004) "Manual de Geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas".
9. ALFREDO CAMAC TORRES (1998) "Túneles".
10. HOEK/E.T. BROWN, (1980) "Excavaciones subterráneas en roca".



ANEXOS



ANEXO N° 01

CERTIFICACIÓN DE LABORATORIO DE MECANICA DE ROCAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y SUELOS



INFORME 00142 – 2016-LMS &R-FIM-UNA-PUNO.

ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE

Proyecto:
Aplicación de Análisis Estático en el Diseño del Túnel Vial de la Prolongación del Jr.
Salaverri de la Ciudad de Juliaca.

Solicitado por:
Carlos Quiroga Cornejo


Muestra:
Testigo de roca
UCS 1 – 2 - 3

Fecha:
JUNIO, 2016

Nota:

- La empresa solicitante es responsable por la toma de muestras en campo.
- La información correspondiente a las muestras fue proporcionada por el cliente.




Dr. E. Alfredo Cámac Torres
Laboratorio de Mecánica de Rocas y Suelos
Facultad de Ingeniería de Minas

Dirección: Av. Floral 1153 - Ciudad Universitaria - Pab. Ing. de Minas - Puno
Teléfono fijo: 051- 366193:
E-mail: unaminas@gmail.com
Web: <http://web.unap.edu.pe/web4/minas>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y SUELOS



ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D 2938-95, obteniéndose los siguientes resultados:

ID	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Relación L/D	Carga (Kg-f)	UCS (MPa)	Tipo de Rotura	Observaciones
UCS - 01	3.85	7.6	11.64	2.0	2740.0	23.08	matriz	
UCS - 02	3.85	7.65	11.64	2.0	2610.0	21.99	matriz	
UCS - 03	3.85	7.70	11.64	2.0	1800.0	15.16	matriz	
Numero de resultados							3	
Valor máximo, MAX							23.08	
Valor mínimo, MIN							15.16	
Mediana, MED							21.99	
Valor promedio, MEAN							20.08	
Desviación estándar, SDEV							4.29	
Coeficiente de variación, CV							-1.61	



[Firma]
Dr. E. Alfredo Cámac Torres
JEFE DE LABORATORIO
FIM-JUNA-PUNO

Dirección: Av. Floral 1153 - Ciudad Universitaria - Pab. Ing. de Minas - Puno
Teléfono fijo: 051- 366193;
E-mail: unaminas@gmail.com
Web: <http://web.unsp.edu.pe/web4/minas>

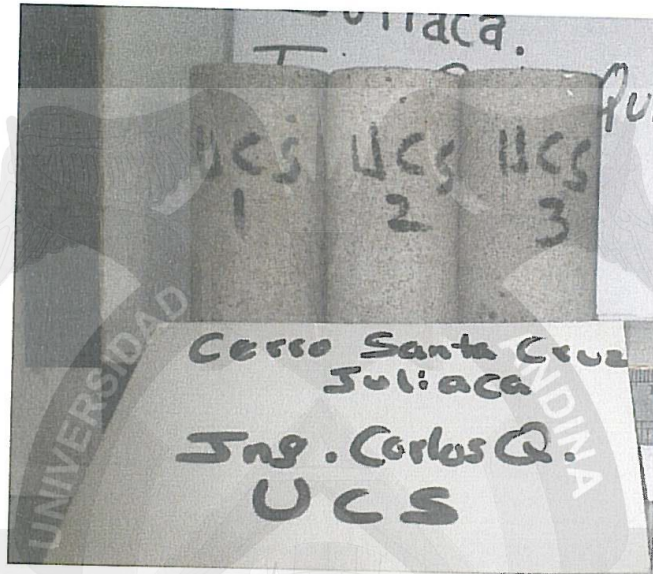


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y SUELOS

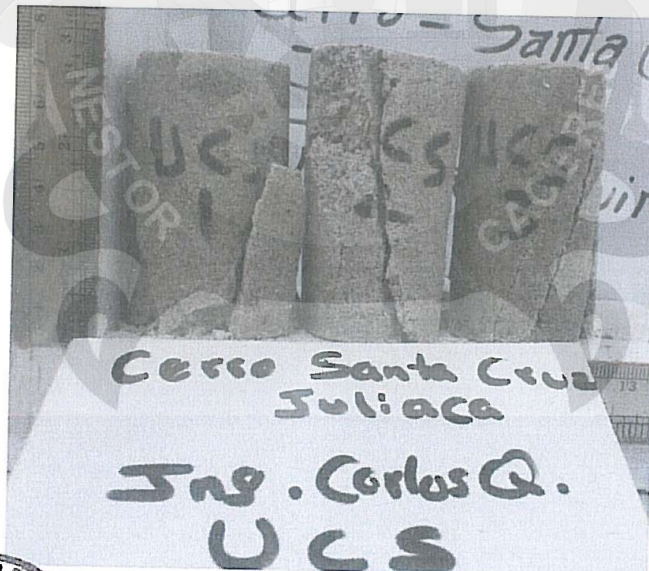


FOTOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE

Antes:



Después:



[Signature]
Dr. E. Alfredo Cámac Torres
JEFE DE LABORATORIO
FIM - UNA - PUNO

Dirección: Av. Floral 1153 - Ciudad Universitaria - Pab. Ing. de Minas - Puno
Teléfono fijo: 051- 366193;
E-mail: uneminas@gmail.com
Web: <http://web.unap.edu.pe/web4/minas>



ANEXO N° 02

TABLAS DE "Q", "RMR", "GSI" Y FACTOR "D"

Clasificación de los parámetros individuales empleados en el índice de calidad de túneles índice. "Q"

DESCRIPCION	VALOR	NOTAS
1. INDICE DE CALIDAD DE ROCA.	RQD	1.- Donde RQD se reporta o es medio como siendo (1-10 inclusive 0), se le otorga un valor nominal de 10 aplicable a "Q".
A. Muy mala	0 – 25	
B. Mala	25 – 30	
C. Regular	50 – 75	
D. Buena	75 – 90	
E. Excelente	90 - 100	2.- Intervalos de 5 para RQD o sea 100, 95, 90, etc. Son suficiente precisos.
2. NUMEROS DE SISTEMAS DE FISURAS	Jn	
A. Masivo, sin o con pocas fisuras.	0.5 – 1.0	
B. Un sistema de fisuras	2.0	
C. Un sistema de fisuras + una aislada	3.0	
D. Dos sistemas de fisuras	4.0	
E. Dos sistemas de fisuras + una aislada	6.0	1.- Para cruces en túneles utilizar (3XJn).
F. Tres sistemas de fisuras	9.0	2.- Para portales utilizar (2xJn).
G. Tres sistemas de	12.0	
H. fisuras + una aislada	15.0	
J. Cuatro o mas sistemas de fisuras, figuración intensa , etc.	20.0	

3. NUMERO DE RUGOSIDAD DE LAS FIGURAS.	Jr	
a) Contactos en las paredes.		
b) Contacto en las paredes antes de un cizalleo de 10 cm.		
A. Fisura sin continuidad.	4.0	
B. Rugosas o irregulares, corrugadas.	3.0	
C. Suaves, corrugación suave.	2.0	
D. Reliz de falla, o superficie de fricción ondulaciones.	1.5	
E. Rugosas o irregulares pero planas.	1.5	
F. Lisas y planas.	1.0	
G. Reliz de falla, o superficie de fricción plano	0.5	
c) Sin contacto de roca después de un cizajeo de 10 cm.		
H. Zona que contienen minerales arcillosos de espesor suficientes para impedir el contacto de paredes.	1.0	1.- Añade 1.0 si el espaciamento medio del sistema de juntas es mayor de 3m.
J. Zona arenosa, de grava o roca. Triturada de espesor suficiente para impedir el contacto de paredes.	1.0	2.- Jr = 0.5 se puede usar para fisuras de fricción planas y que tengan alineaciones con la condición de que estas estén orientadas para resistencia mínima.

4. NUMERO DE ALTERACIÓN DE JUNTAS	Ja	Φ aproximado.
a) Contactos en las paredes.		



A. Relleno soldado, duro inablandable.	0.75		1.- Los valores de Φ_r el ángulo de fricción residual, se indican como guía aproximada de las propiedades mineralógica de los productos de alteración, si es que están presentes.
B. Paredes inalteradas, solo con manchas de superficie.	1.0	(25 – 35°)	
C. Paredes ligeramente alteradas, con recubrimiento de minerales inablandable, partículas arenosas, roca triturada sin arcilla.	2.0	(25° – 30°)	
D. Recubrimiento limoso o areno – arcilloso, pequeñas partículas de arcilla (inablandable).	3.0	(20° – 25°)	
E. Recubrimiento ablandables o con arcilla de baja fricción o sea kaolinica o mica, también clorita, talco, yeso y grafito, etc. y pequeñas cantidades de arcillas expansivas (recubrimiento sin continuidad de 1 – 2 mm. De espesor o menos).	4.0	(8° – 16°)	
b) Contactos en las paredes antes de un cizalleo de 10 cm.			
F. Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcilla, etc.	4.0	(25° – 30°)	
G. Relleno de minerales arcillosos muy consolidados e inablandables (continuos, < 5mm. de espesor).	6.0	(16° – 24°)	
H. Relleno de minerales arcillosos de consolidación media o baja (continuos, < 5mm. de espesor).	8.0	(12° – 16°)	
J. Relleno de arcillas expansivas, o sea montmorillonita (continuos, < 5 mm. de espesor). El valor J_a depende del porcentaje de partículas expansivas y del acceso al agua.	8.0 – 12.0	(6° – 12°)	
c) Sin contacto de las paredes del cizalleo.			
K. Zonas y capas de roca y arcilla desintegrada.	6.0		
L. Trituradora (véase en G,H y J)	8.0		
M. para condiciones de arcilla	0.8 – 12.0	(6° – 24°)	
N. .zonas o capas de arcilla limosa o arenosa, pequeñas fracciones de arcilla (inablandable).	5.0		
Q. Zonas o capas gruesas	10.0 – 13.0		
P. .de arcilla (véase, G, H y J para	13.0 – 20.0		
R. las condiciones de la arcilla)		(6° – 24°)	

5. FACTOR DE REDUCCION POR AGUA EN LAS FISURAS.	J_w	Presión aprox. del agua (Kgf/cm ²)	1.- Los factores C a F son estimaciones aproximadas aumenta J_w si se instalan drenes. 2.- Los problemas especiales causados por la presencia de hielo no se toman en consideración.
A. Excavación seca o poca infiltración o sea < 5 / mínimo localmente.	1	1	
B. Infiltración a presión mediana con lavado ocasional de los rellenos.	0.66	1.0 – 2.5	
C. Gran infiltración o presión altas en roca competente con junta sin relleno.	0.5	2.5 – 10	

D. Gran infiltración a presión alta lavado importante de los rellenos.	0.33	
E. Infiltración o presión excepcionalmente altas con las voladuras disminuyendo con el tiempo.	0.2 – 0.1	10
F. Infiltración o presión excepcionalmente altas en todo momento.	0.1 – 0.05	10

6. FACTOR DE REDUCCION DE ESFUERZOS.

a. Zona de debilidad que intersecan la excavación y que pueden ser la causa de que el macizo se desestabilicen cuando se construye el túnel.

- A. Múltiples zonas de debilidad que contengan arcilla o roca químicamente desintegrada, roca circundante muy suelta (cualquier profundidad)
- B. Zona de debilidad aislada que contengan arcilla o roca químicamente desintegrada (profundidad de excavación > 50 m).
- C. Zonas de debilidad aisladas que contengan arcilla o roca químicamente desintegrada (profundidad de excavación > 50 m.).
- D. Múltiples zonas de fracturas en rocas competente (Sin arcilla), roca circundante suelta (cualquier profundidad).
- E. Zonas de fracturas aisladas en roca competente (Sin arcilla), profundidad de la excavación < 50 m).
- F. Zonas de fracturas aisladas en roca competente (Sin arcilla) profundidad de la excavación > 50 m).
- G. Fisuras abiertas sueltas, fisuras intensas (cualquier profundidad).

SRF

10.0

5.0

2.5

7.5

5.0

2.5

5.0

b) Roca competente, problemas de esfuerzos.

H. Esfuerzo bajo, cerca de superficie.

σ_c / σ_1

σ_t / σ_1

SRF

2.5

I. Esfuerzos medianos.

200 – 10

13 – 0.6

1.0

J. Esfuerzos grandes, estructuras muy cenadas (generalmente favorable para la estabilidad puede ser desfavorable) las estabilidad de las tablas.

10.5

0.66 – 0.33

0.5 – 2

K. Desprendido moderado de la roca (roca masiva).

5 – 2.5

0.33 – 0.16

5 – 10

L. Desprendido intenso de la roca (roca masiva)

< 2.5

< 0.16

10 – 20

c) Roca comprensiva, flujo plástico de roca incompetente bajo la influencia de presiones altas de roca.

SRF

M. Presiones comprensivas moderadas.

5 – 10

N. Presiones moderadas altas

10 – 20

1.- Redúzcanse estos valores SRF de 25 – 50 % si las zonas de fracturas solo interesan pero no cruzan la excavación.

2.- Para un campo virgen de esfuerzos fuertemente anisotropito (si se mide) cuando $5 \leq \sigma_1 / \sigma_3 \leq 10$ redúzcase σ_c a $0.8 \sigma_c$ y σ_t a $0.8 \sigma_t$. Cuando $\sigma_1 / \sigma_3 > 10$ redúzcase σ_c y σ_t a $0.6 \sigma_c$ y σ_t donde σ_c = Fuerza comprensiva no confinada, y σ_t = fuerza de tensión (carga puntual) y σ_1 y σ_3 son las fuerzas mayores y menores principales.

3.- Hay poco cosas reportados donde el techo debajo de la superficie sea menor que el ancho del claro. Se sugiere que el SRF sea aumentado de 2.5 a 5 para estos casos (vea H)



d) Roca expansiva, acción química expansiva dependiendo de la presencia del agua.

O. Presiones expansivas moderadas.	5 – 10
P. Presiones expansivas altas	10 – 20

Fuente: Curso de Mecánica de Rocas – UANCV



Clasificación geomecánica de macizos rocosos – índice "RMR"

Parámetros			Escala de Valores						
1	RESISTENCIA DE LA ROCA INALTERADA	Índice de la carga de punta	> 10 Mpa	4 – 10 Mpa	2 – 4 Mpa	1 – 2 Mpa	Para esta escala tan baja se prefiere la prueba de la resistencia a la compresión uniaxial.		
		Resistencia a compresión uniaxial	> 250 MPa.	100 – 250 MPa	50 – 100 MPa.	25 – 50 MPa.	5 – 25 MPa.	1 – 5 MPa	< 1 MPa
	Valuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90 - 100 %	75 – 90 %	50 – 75 %	25 – 50 %	< 25 %		
	Valuación		20	17	13	8	3		
3	ESPACIAMIENTO DE JUNTAS		> 2 m.	0.6 – 2 m.	200 – 600 mm.	60 – 200 mm.	< 60 mm.		
	Valuación		20	15	10	8	5		
4	ESTADO DE LAS FISURAS		Superficie muy rugosa, sin continuidad, sin separación, paredes de roca dura.	Superficies algo rugosas, separación < 1 mm. Paredes de roca dura.	Superficie algo rugosa, separación < 1 mm. Paredes de roca suave.	Superficie pulida o relleno < 5 mm. Espesor o fisuras abiertas 1 – 5 mm. fisuras continuas	Relleno blando < 5 mm. o fisuras, abiertas < 5 mm. Fisuras continuas.		
	Valuación		30	25	20	10	0		
5	Aguas Subterráneas	Cantidad de infiltración long. 10 m. del túnel	Ninguna	< 10 Lts./min.	10 – 25 Lts./min.	25 – 125 Lts./min	> 125 Lts./min.		
		Presión de agua en RELACION la fisura	0	< 0.1	0.1 – 0.2	0.2 – 0.5	> 0.5		
		Esfuerzo principal mayor							
		Situación general	Totalmente seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Ligera Presión de agua	Serios problemas de agua		
	Valuación		15	10	7	4	0		

Fuente: Curso de Mecánica de Rocas - UANCV

Ajuste en la valuación por orientación de las Juntas o Fisuras

Orientación del rumbo y echado de las fisuras		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Valuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60
Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Echado 0-20° independiente del rumbo
Penetración en el sentido		Penetración contra el rumbo				
Echado	Echado	Echado	Echado	Echado	Echado	
45°– 90°	20°–45°	45°– 90°	20°– 45°	45°– 90°	20°– 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable









Clasificación de rocas según el total de Valuación

Clasificación N°	I	II	III	IV	V
Tiempo medio de sostenimiento	20 años para claro de 15 m.	1 año para claro de 10 m.	1 semana para claro de 5m.	10 horas para claro de 2.5 m.	30 minutos para claro de 1 m.
Cohesión de la roca, Angulo de fricción de la roca	> 400 KPa. > 45°	300 – 400 KPa. 35° – 45°	200 – 300 KPa. 25° – 35°	100 – 200 KPa. 15° – 25°	< 100 KPa. < 15°

Fuente: Curso de Mecánica de Rocas – UANCV



Estimación del GSI, basado en observaciones geológicas. (Extraído de Hoek et al., 2002.)

ROCAS DIACLASADAS (Hoek and Marinos, 2000)		CONDICIONES DE SUPERFICIE				
A partir de la litología, estructura y condiciones superficiales de las discontinuidades, se estima un valor promedio del GSI. No se debe tratar de ser muy preciso. Un rango de 33-37 es mas realista que un GSI=35. Note que la tabla a macizos estructuralmente controlados por fallas, donde planos estructurales débiles están presentes en una dirección desfavorable con respecto al frente de excavación, estos podrán dominar el comportamiento del macizo rocoso. Las zonas de falla son propensas a la alteración como resultado de los cambios de humedad que pueden reducirse cuando el agua esta presente. Cuando trabajamos en rocas de regular o mala calidad, cambian las condiciones por el cambio de humedad. La		MUY BUENAS Superficies muy rugosas, superficies no meteorizadas, frescas				
		BUENAS Superficies rugosas, ligeramente meteorizadas, manchadas con hierro				
		REGULAR Superficies lisas, moderadamente meteorizadas y alteradas				
		POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización y rellenos compactos o rellenos de frag.				
		MUY POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización con rellenos de arcilla suave.				
		DECRECE LA CALIDAD DE LA SUPERFICIE →				
	INTACTA O MASIVA - Especímenes de roca intacta o masiva in-situ, roca con discontinuidades amplias y espaciadas	90			N/A	N/A
	FRACTURADA - Macizo rocoso con bloques entrelazados, consistente en bloques cúbicos formados por tres intersecciones de	80	70			
	MUY FRACTURADA - Macizo parcialmente perturbado con bloques entrelazados y angulares, formados por cuatro o mas		60			
	FRACTURADA / PERTURBADA - Macizo rocoso plegado formado por bloques angulares formados por la intersección de varios		50			
	DESINTEGRADA - Macizo rocoso altamente fracturado con mezcla de fragmentos angulares y redondeados, pobremente		40			
	FOLIADA / LAMINADA - Se carece de bloques debido débil material presente en los planos de foliación o de cizalla		30			
			20			
			10			
		N/A	N/A			




Fuente: Curso de Mecánica de Rocas – UANCV

Caracterización geotécnica del macizo rocoso según el grado de fracturamiento y resistencia (se toma en cuenta la condición de discontinuidades).

SOSTENIMIENTO SEGÚN G.S.I.(modificado)		CONDICIONES SUPERFICIALES				
A	SIN SOPORTE - PERNOS OCASIONALES	CONDICIONES SUPERFICIALES	BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIES DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS. (Rc 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA).	REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADAS, MANCHAS DE OXIDACIÓN, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc 50 a 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA).	MALA (MODER. RESIST. LEVE A MODER. ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADAS, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc 25 A 50 MPa) (SE INDENTA A SUPERFICIALMENTE CON GOLPES DE PICOTA).	MUY MALA (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRICACIONES, MUY ALTERADA RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA (Rc 5 A 25 MPa) - (SE INDENTA MAS DE 5 mm).
B	PERNOS SISTEMÁTICOS 1.50 x 1.50 m. (Malla o cinta ocasional).					
C	PERNO SISTEMÁTICO 1.2 x 1.2 m. (Malla o cinta ocasional).					
D	PERNOS SISTEMÁTICOS 1.0 x 1.0 m. más malla de refuerzo obligatoria. (SHOTCRETE 5.0 cm sin fibra).					
E	PERNOS SISTEMÁTICOS 1.0 x 1.0 m. más SHOTCRETE 5.0 cm con fibra.					
F	PERNOS SISTEMÁTICOS 1.0 x 1.0 m. más SHOTCRETE 10.0 cm con fibra. (CIMBRA O CERCHA METALICA 1).					
ESTRUCTURA						
	LEVEMENTE FRACTURADA TRES O MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI (RQD 75-90%). (2 A 6 FRACTURAS POR METRO)	(A) LF/B	(A) LF/R	(A) LF/M	(B)	—
	MODERADAMENTE FRACTURADA MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CÚBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES (RQD 50 - 75%). (6 A 12 FRACTURAS POR METRO).	(A) F/B	(A) F/R	(C) F/M	(D) F/MM	
	MUY FRACTURADA MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MÁS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (RQD 25-50%). (12 A 20 FRACTURAS POR METRO).	(A) MF/B	(C) MF/R	(D) MF/M	(E) MF/MM	
	INTENSAMENTE FRACTURADA PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES (RQD 0 - 25%). (MÁS DE 20 FRACTURAS POR METRO).	(C) IF/B	(D) IF/R	(E) IF/M	(F) IF/MM	

Fuente: Curso de Mecánica de Rocas – UANCV

Factor de alteración "D" para túneles

Apariencia del macizo rocoso	Descripción del macizo rocoso	Valor D sugerido
	Excelente calidad de voladura controlada o excavación con tuneladora, TBM, con resultados de alteración mínima del macizo rocoso confinado circundante al túnel	$D = 0$
	Excavación mecánica o manual en macizos rocosos de mala calidad (sin voladuras) con una alteración mínima en el macizo rocoso circundante. Cuando aparezcan problemas de deformación en el piso durante el avance, la alteración puede ser severa a menos que se coloque una contrabóveda temporal, tal como se muestra en la fotografía.	$D = 0$ $D = 0.5$ No invert
	Voladura de muy mala calidad en un túnel en roca competente con daños locales severos, extendiéndose 2 o 3 m en el macizo rocoso circundante.	$D = 0.8$

Fuente: Curso de Mecánica de Rocas – UANCV



ANEXO N° 03

PANEL FOTOGRÁFICO



FOTOGRAFÍAS DE

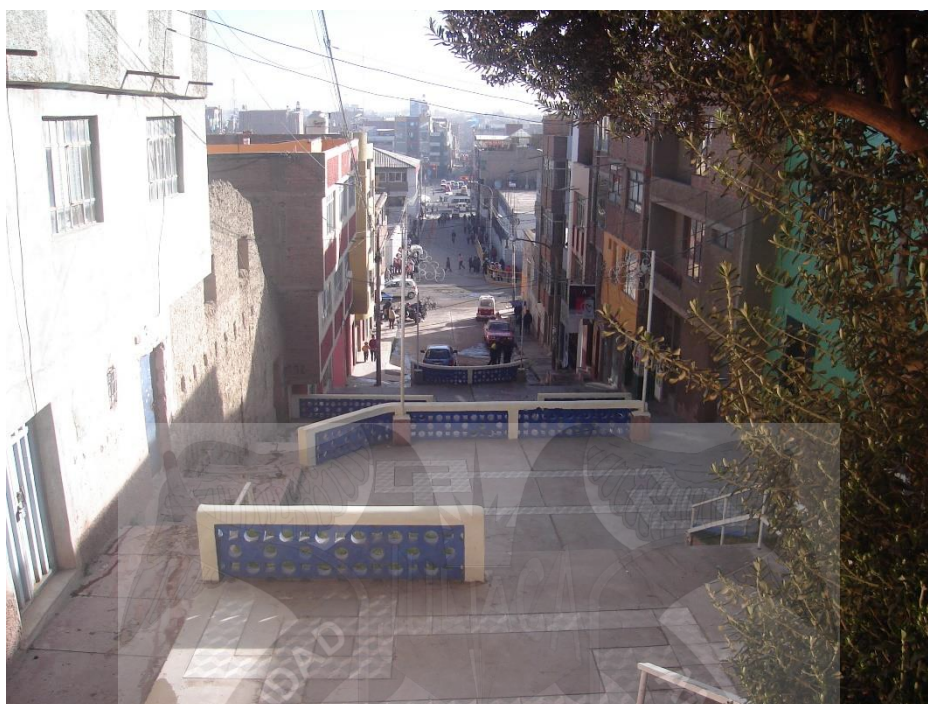
1. MAPEO GEOMECANICO



FOTOGRAFÍA 01. INSTRUMENTOS
Instrumentos de recolección de datos



FOTOGRAFÍAS 02. INSTRUMENTOS
Instrumentos de recolección de datos



FOTOGRAFÍA 03
Prolongación de Jr. Salaverry Zona de trabajo de investigación



FOTOGRAFÍA 04
Jr. Hipólito Unanue Zona de Trabajo de Investigación



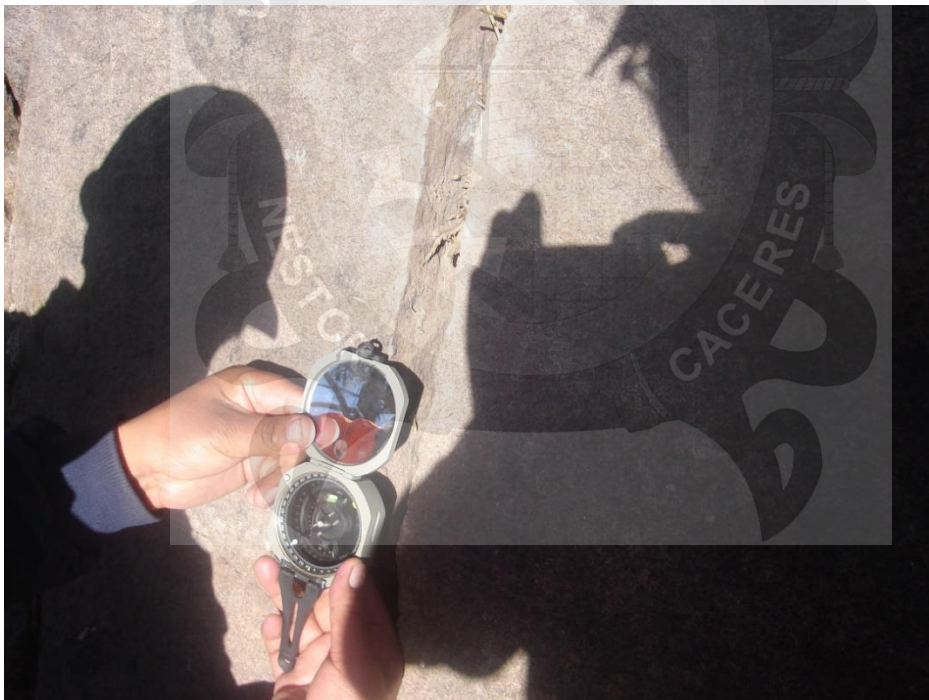
FOTOGRAFÍA 05
Matriz rocosa de Estación N° 01 – cerro Santa Cruz



FOTOGRAFÍA 06
Toma de datos de la matriz rocosa – cerro Santa Cruz



FOTOGRAFÍA 07. RECOLECCION DE DATOS
Medición de Dirección (Dip dir) de las discontinuidades Estación N° 01



FOTOGRAFÍA 08. RECOLECCION DE DATOS
Medición de Buzamiento de las discontinuidades Estación N° 01



FOTOGRAFÍA 09. RECOLECCION DE DATOS
Medición de Espaciamiento entre las discontinuidades, Estación N° 01



FOTOGRAFÍA 10. RECOLECCION DE DATOS
Medición de Continuidad de la discontinuidad, Estación N° 02



FOTOGRAFÍA 11. RECOLECCION DE DATOS
Medición de Buzamiento (Dip) de la discontinuidad, Estación N° 02



FOTOGRAFÍA 12. RECOLECCION DE DATOS
Medición de dirección (Dip dir) de la discontinuidad, Estación N° 02



FOTOGRAFÍA 13. RECOLECCION DE DATOS
Medición de resistencia del maciso rocoso, Estación N° 02



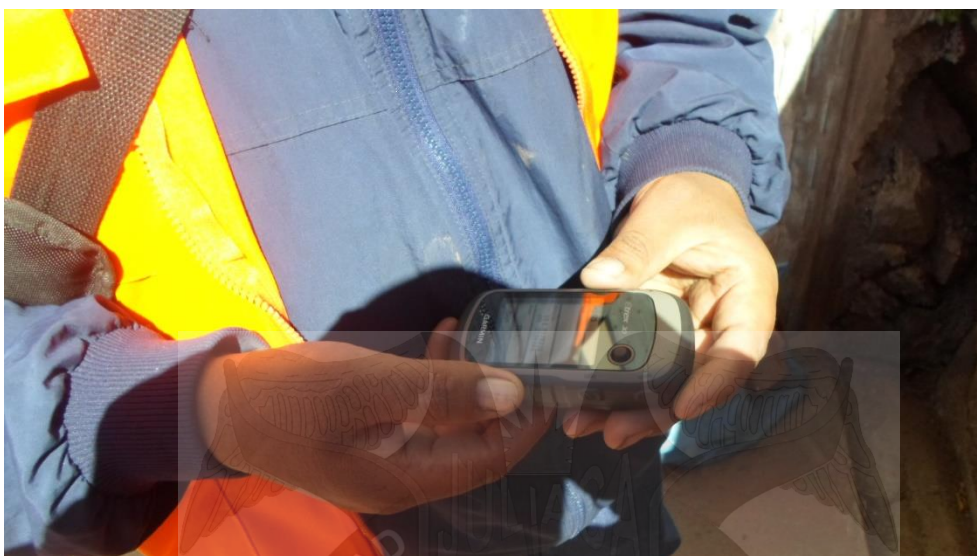
FOTOGRAFÍA 14. RECOLECCION DE DATOS
Anotación de datos en libreta de Campo, Estación N° 02



FOTOGRAFÍAS 15. ESTRUCTURA DEL MACIZO ROCOSO
Inclinación y Dirección de la estructura del macizo rocoso



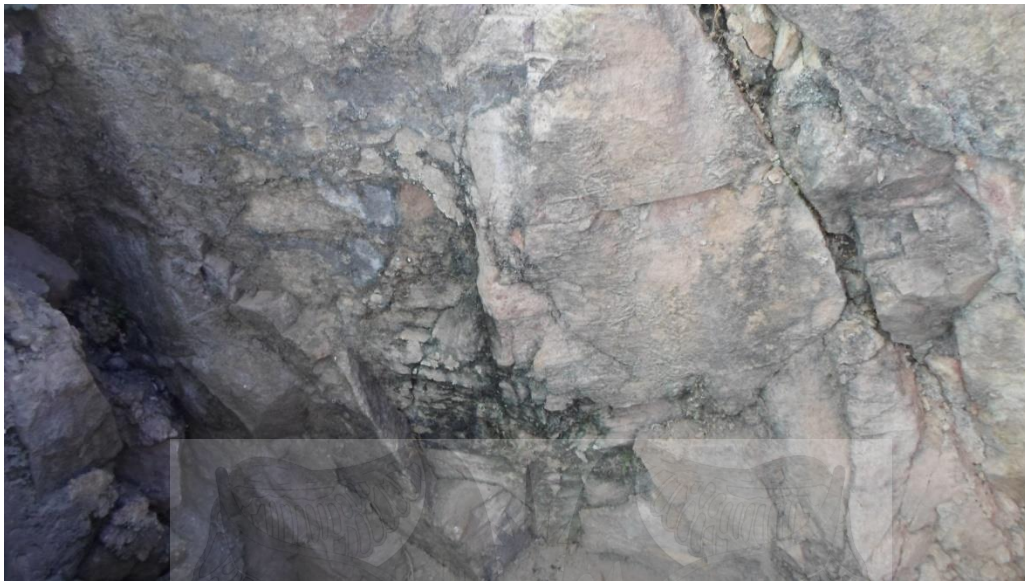
FOTOGRAFÍA 16. ESTRUCTURA DEL MACIZO ROCOSO
Medición Inclinación y Dirección de la estructura del macizo rocoso



FOTOGRAFÍA 17
Toma de Coordenadas con GPS de Estación o Celda



FOTOGRAFÍAS 18
Anotación de Coordenadas con GPS de Estación o Celda



FOTOGRAFÍAS 19
Apertura, Rugosidad, Meteorización y Condición de agua de las discontinuidades



FOTOGRAFÍAS 20
Relleno de las discontinuidades



FOTOGRAFÍAS

2. ENSAYOS DE LABORATORIO



FOTOGRAFÍA 21
LABORATORIO DE MECANICA DE ROCAS



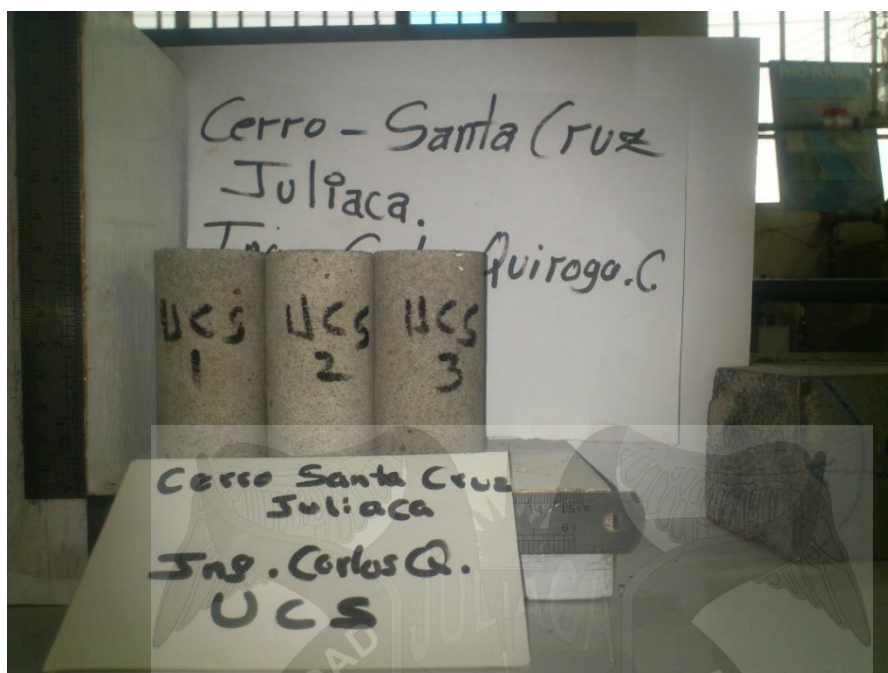
FOTOGRAFÍA 22 ENSAYOS DE LABORATORIO
Muestra de Matriz Rocosa para el ensayo de compresión simple



FOTOGRAFÍA 23 ENSAYOS DE LABORATORIO
Muestra para el ensayo de compresión simple



FOTOGRAFÍA 24 ENSAYOS DE LABORATORIO
Ensayo de Compresión Simple



FOTOGRAFÍA 25 ENSAYOS DE LABORATORIO
3 muestras de roca para la compresión simple



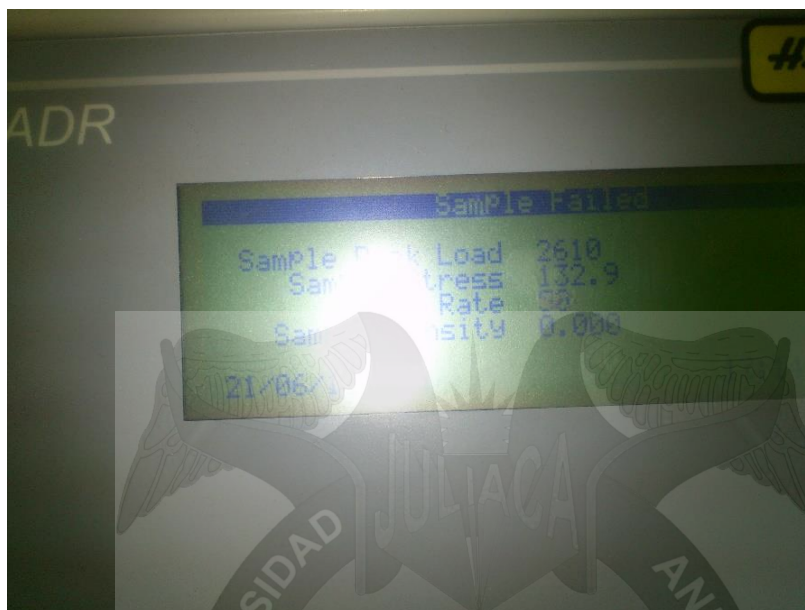
FOTOGRAFÍA 26 ENSAYOS DE LABORATORIO
Muestra 1 compresión simple



FOTOGRAFÍA 27 ENSAYOS DE LABORATORIO
Resultado de Muestra 1 compresión simple



FOTOGRAFÍA 28 ENSAYOS DE LABORATORIO
Muestra 2 compresión simple



FOTOGRAFÍA 29 ENSAYOS DE LABORATORIO
Resultado de Muestra 2 compresión simple



FOTOGRAFÍA 30 ENSAYOS DE LABORATORIO
Muestra 3 compresión simple



FOTOGRAFÍA 31 ENSAYOS DE LABORATORIO
Resultado de Muestra 2 compresión simple



FOTOGRAFÍA 32 ENSAYOS DE LABORATORIO
Resultado final de compresión simple



ANEXO N° 04

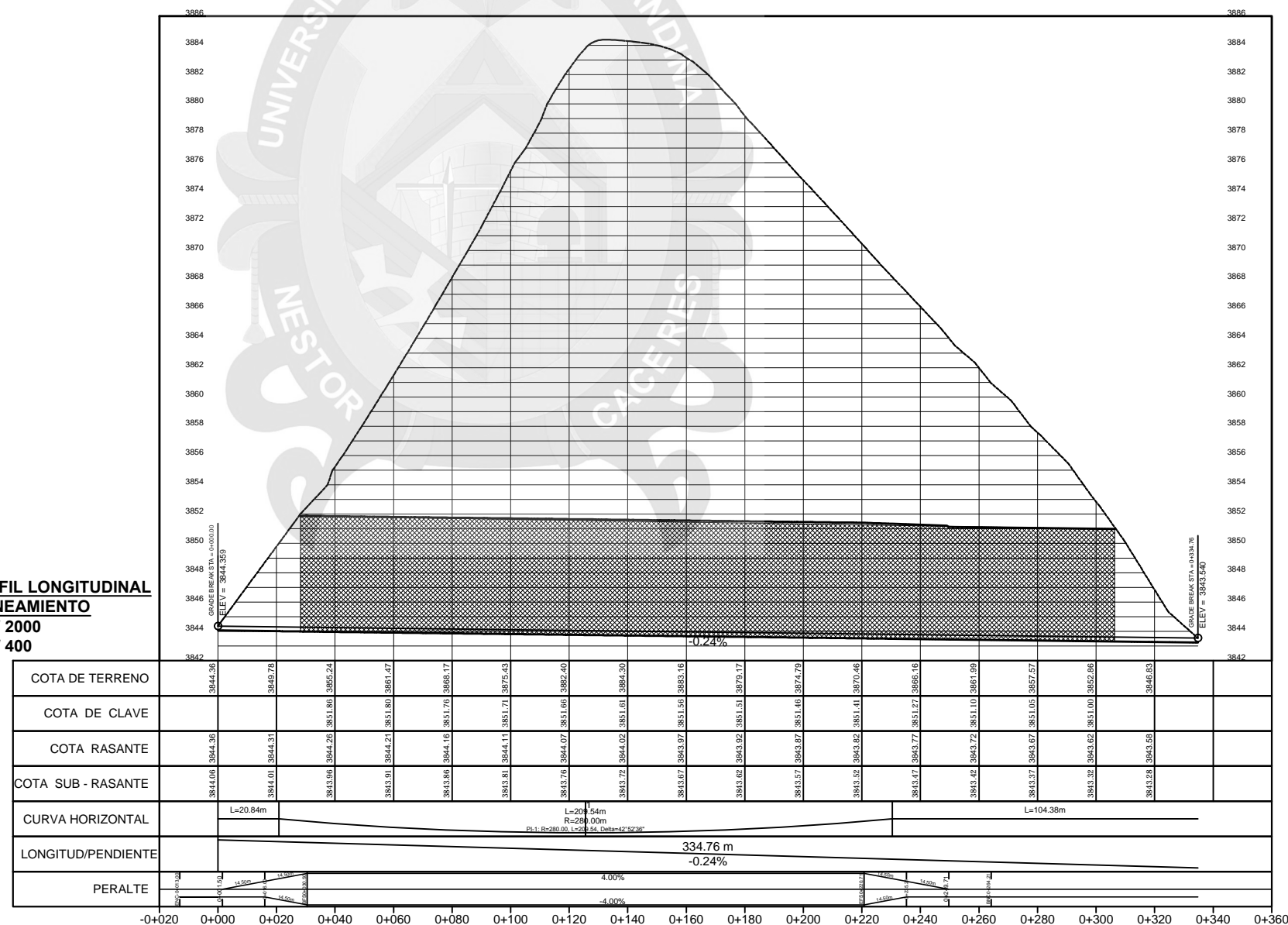
PLANOS

1. DISEÑO DEL TÚNEL VIAL
2. CONTROL GEOLOGICO Y
GEOMECANICO
3. PHASE 2 Y SAP 2000

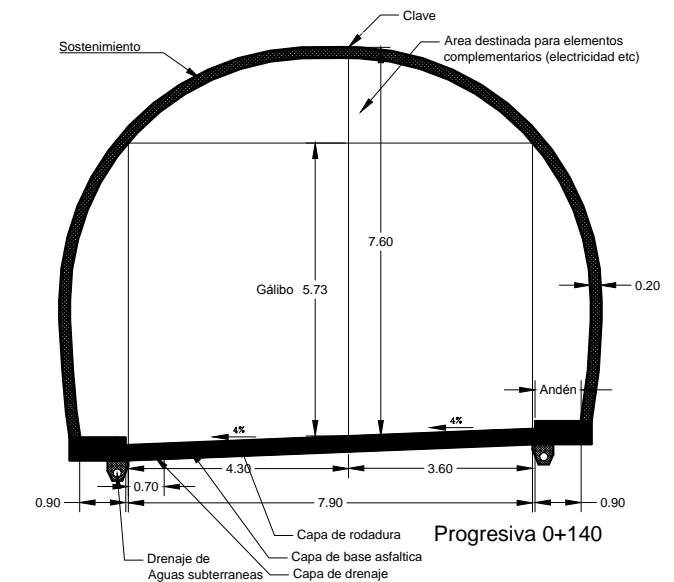


Escala: 1/2000

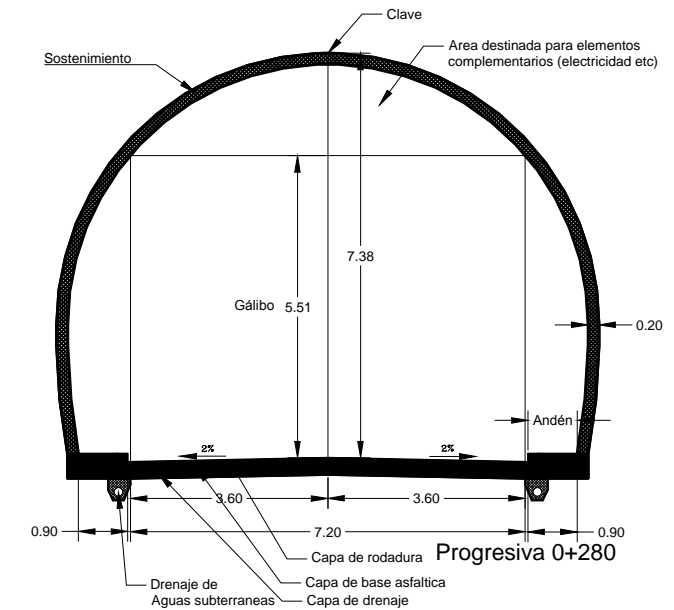
**PERFIL LONGITUDINAL
ALINEAMIENTO**
H: 1/ 2000
V: 1/ 400



CUADRO DE COORDENADAS Y ELEMENTOS DE CURVA												
N° PI	Delta	Radio (m)	Tang (m)	Longitud de Curva (m)	Externa (m)	PI (Km)	PC (Km)	PT (Km)	PER (%)	S/a (m)	Norte	Este
PI-1	42°52'36"	280.00	109.95	209.54	20.81	0+130.78	0+020.84	0+230.37	4	0.70	8286529.40	378179.26



SECCIÓN TRANSVERSAL CON
PERALTE Y SOBREAÑO



SECCIÓN TRANSVERSAL SIN
PERALTE Y SOBREAÑO



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"

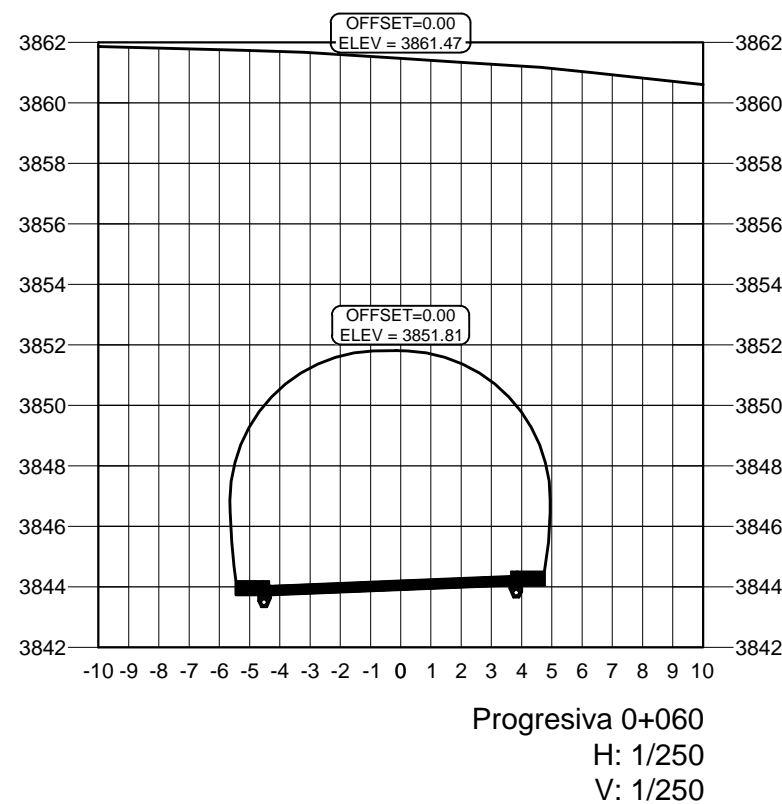
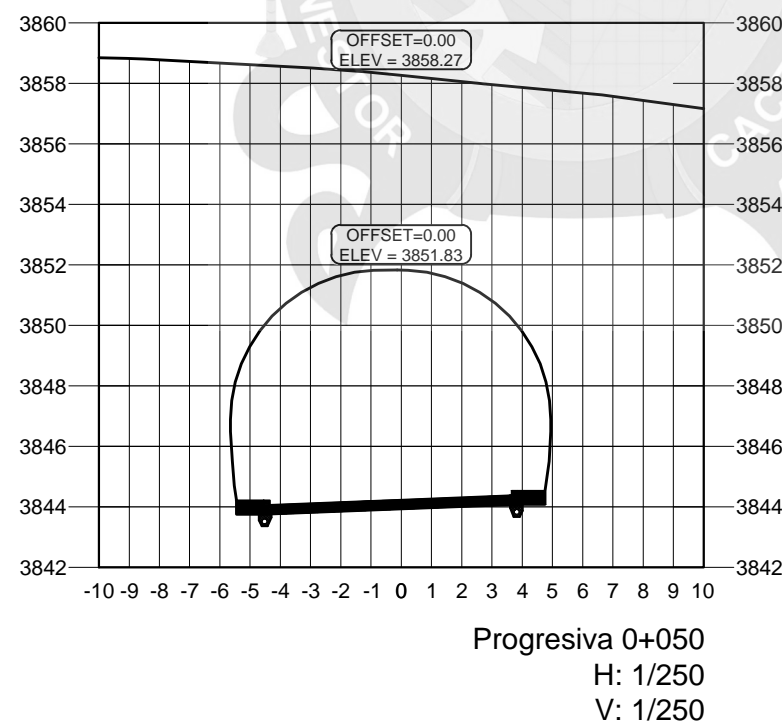
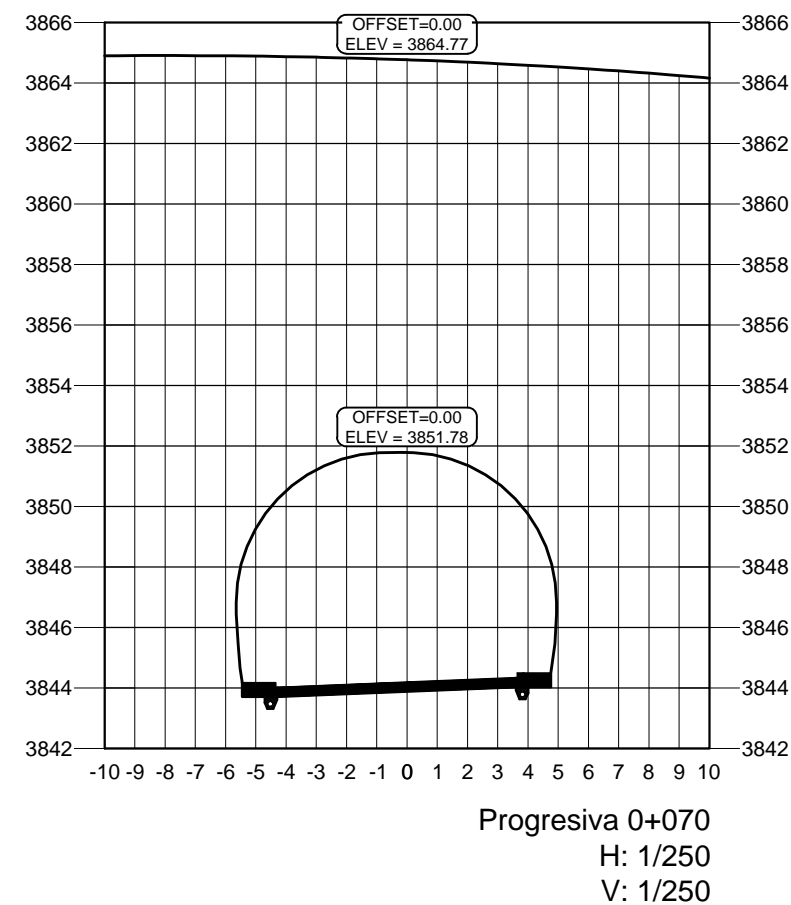
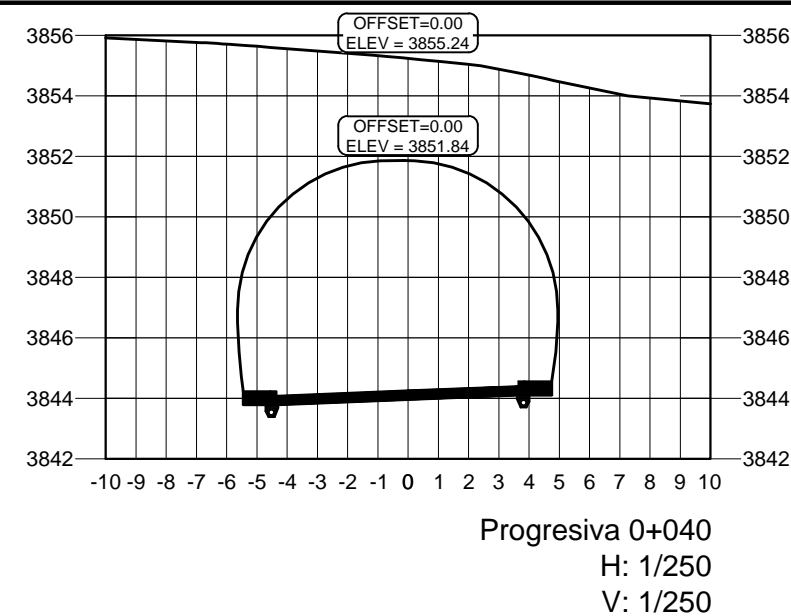
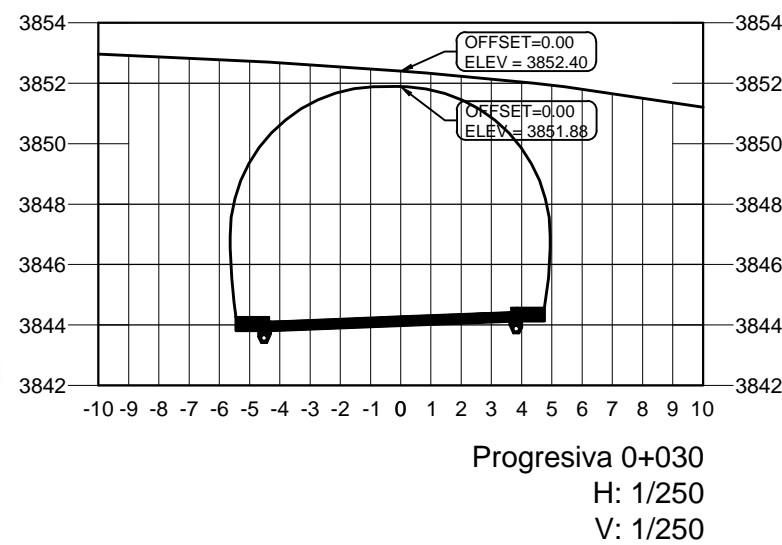
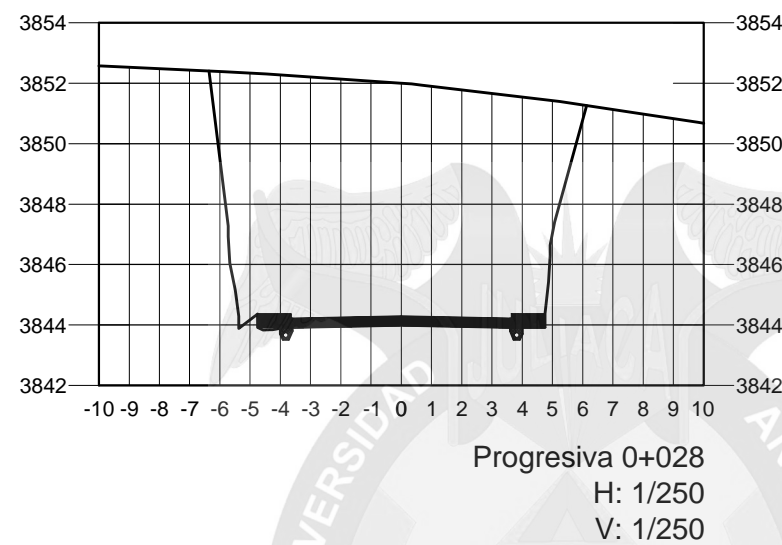
PLANO: PLANTA PERFIL

PROGRESIVA:

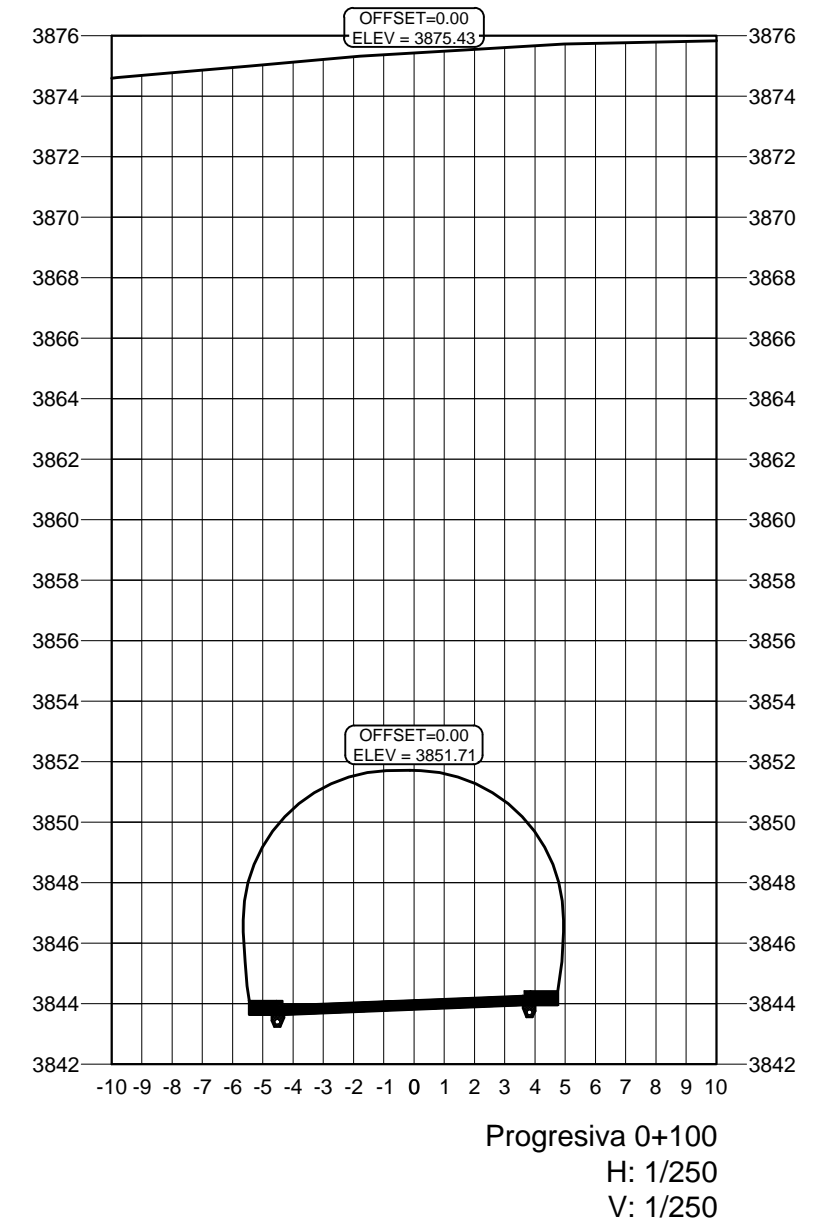
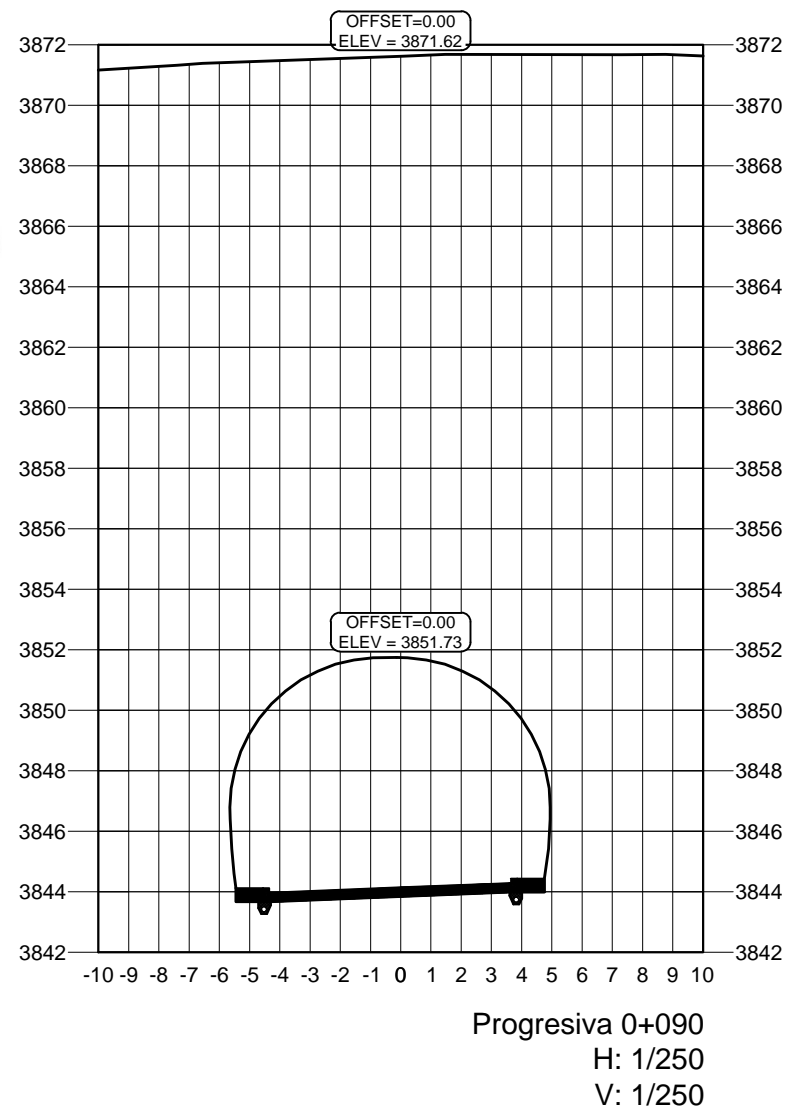
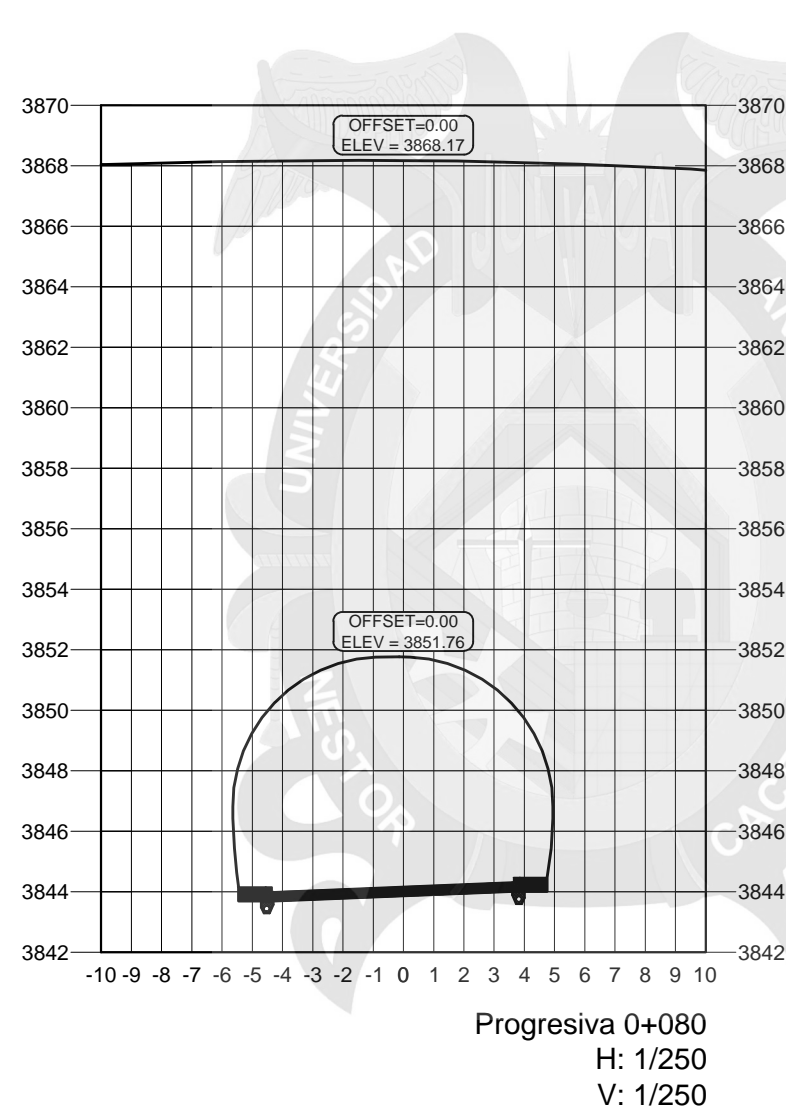
GENERAL


Fecha:
MAYO - 2018Escala:
H:1/2000
V:1/400Ejecutor:
Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO

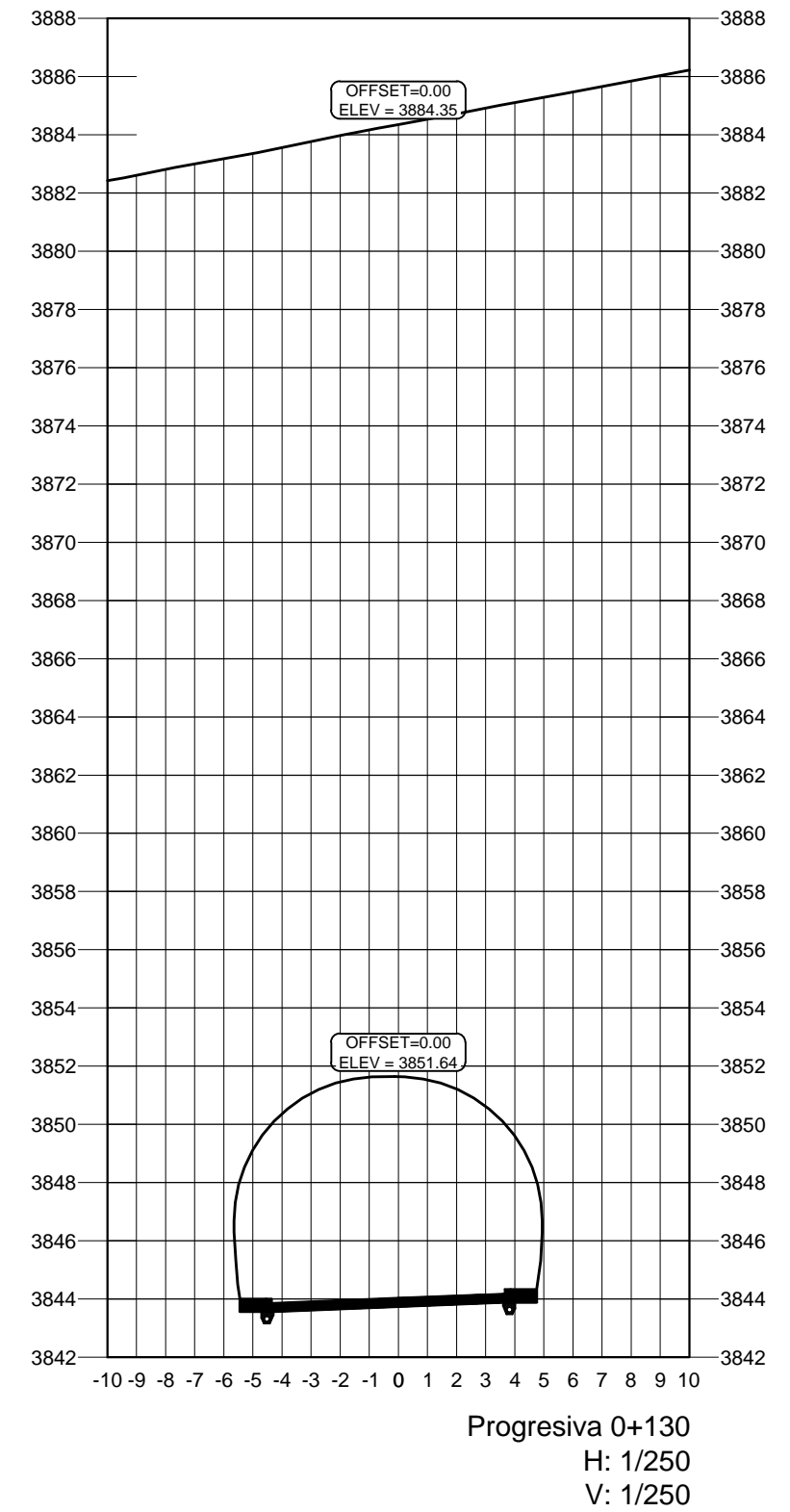
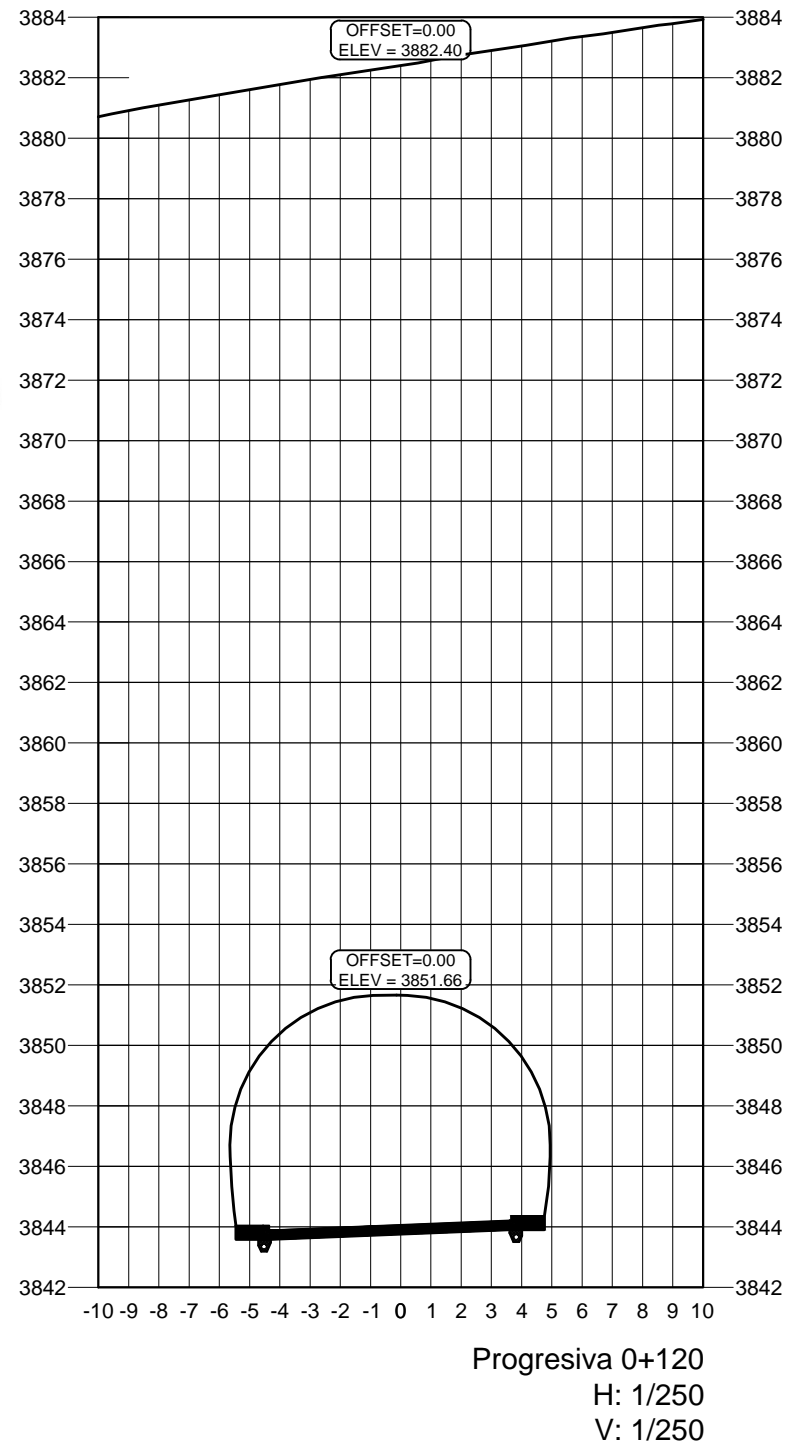
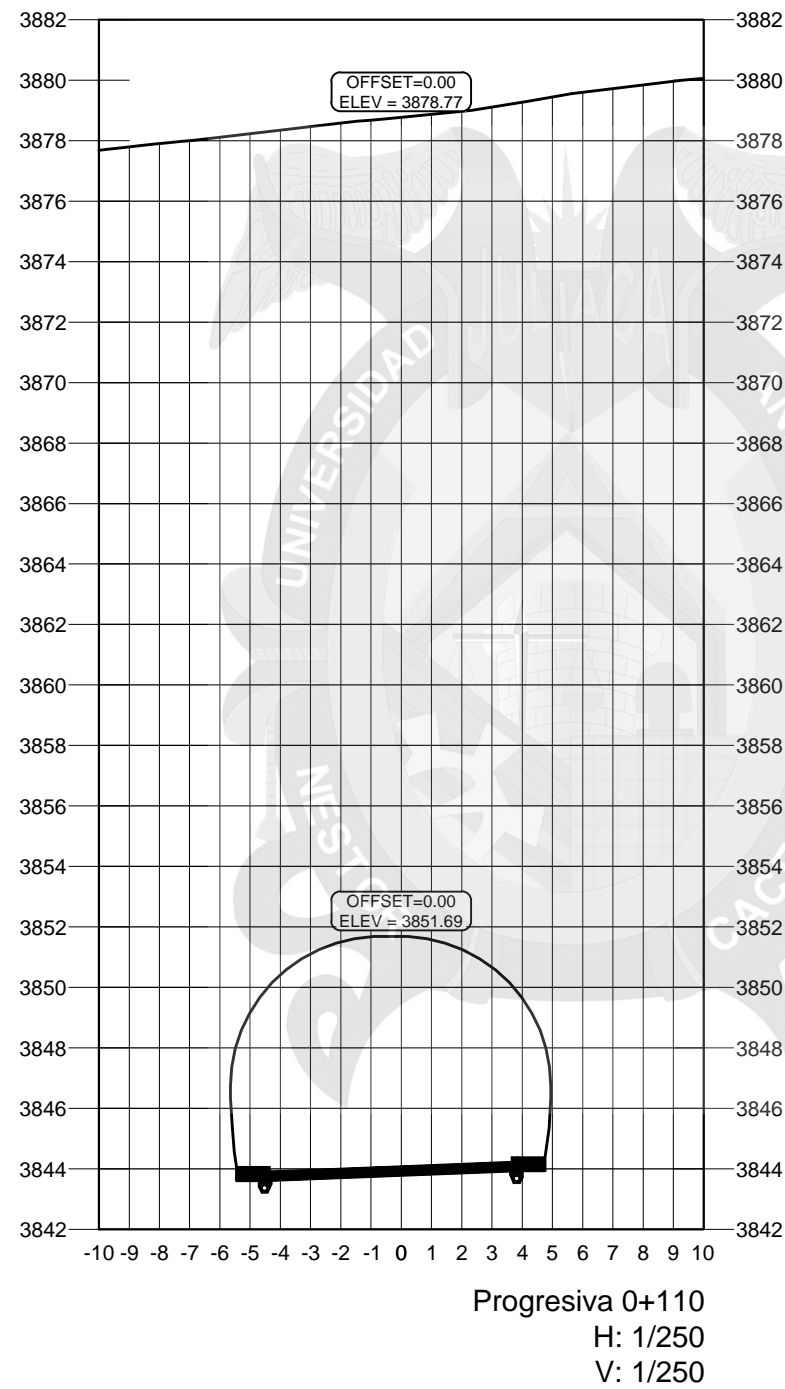
PP- 01

EP
INGENIERIA CIVIL

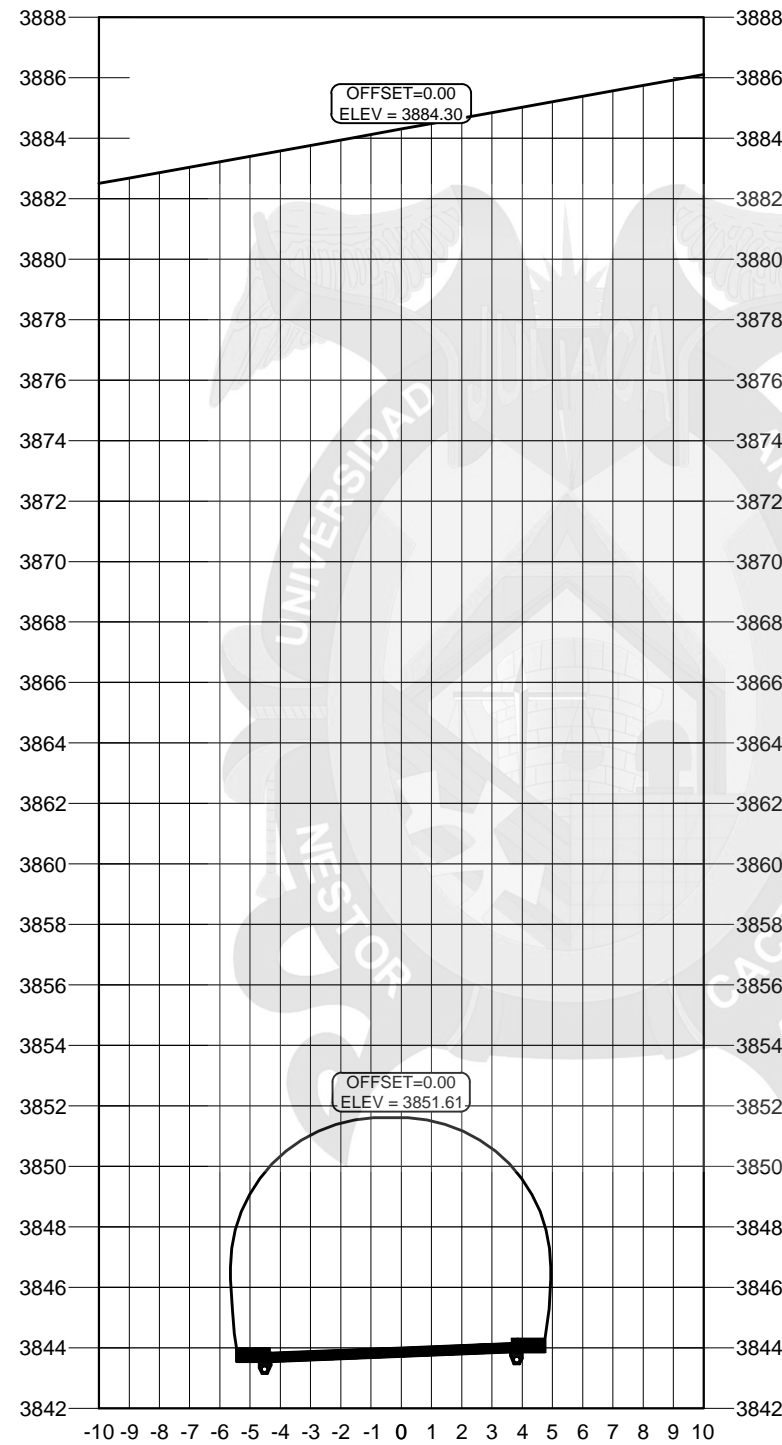
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ			
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS:	"APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"		
PLANO:	SECCIONES TRANSVERSALES		
PROGRESIVA:	0+028 0+030 0+040 0+050 0+060 0+070		
Fecha:	Escala:	Ejecutor:	ST- 01
MAYO - 2018	1/250	Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO	



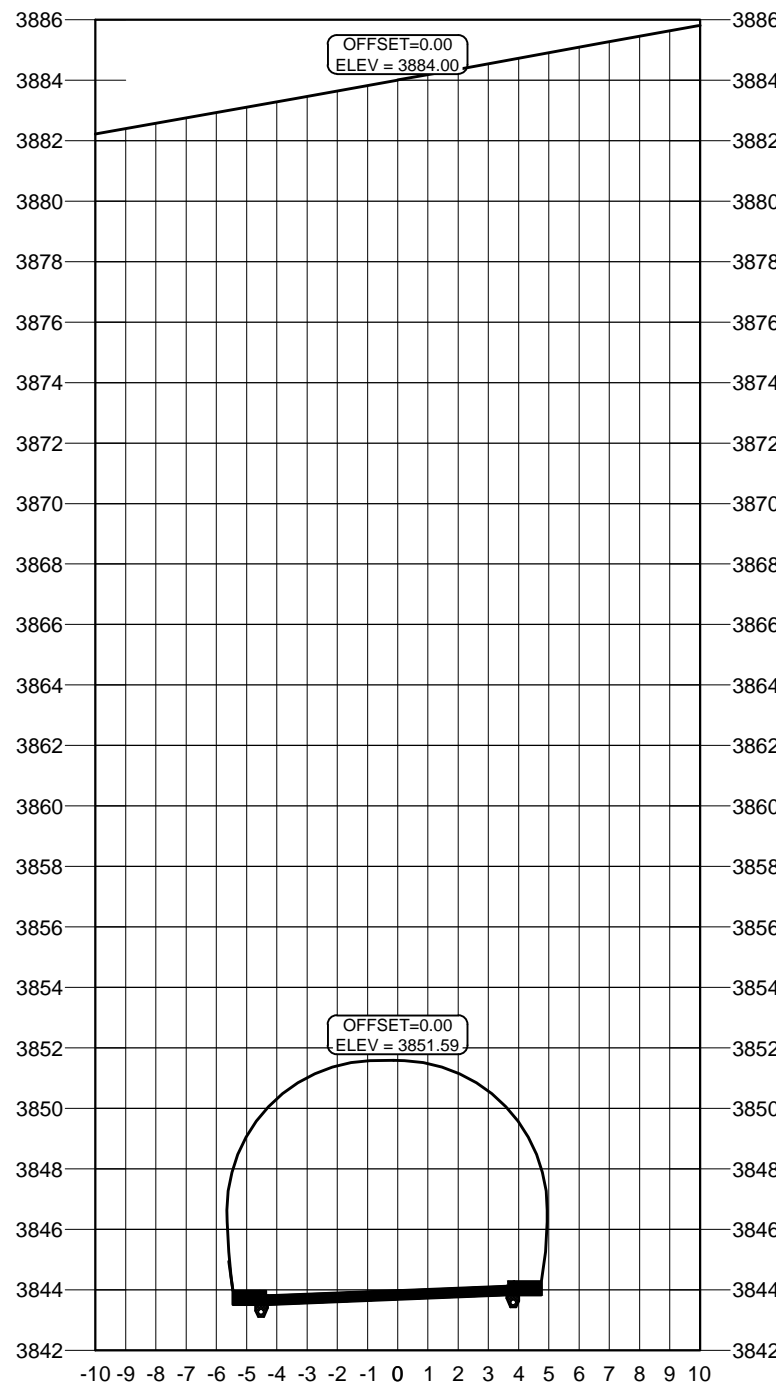
	UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ		
	FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
	TESIS: "APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"		
PLANO:		SECCIONES TRANSVERSALES	
PROGRESIVA:		0+080 0+90 0+100	
Fecha:	Escala:	Ejecutor:	ST- 02
MAYO - 2018	1/250	Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO	



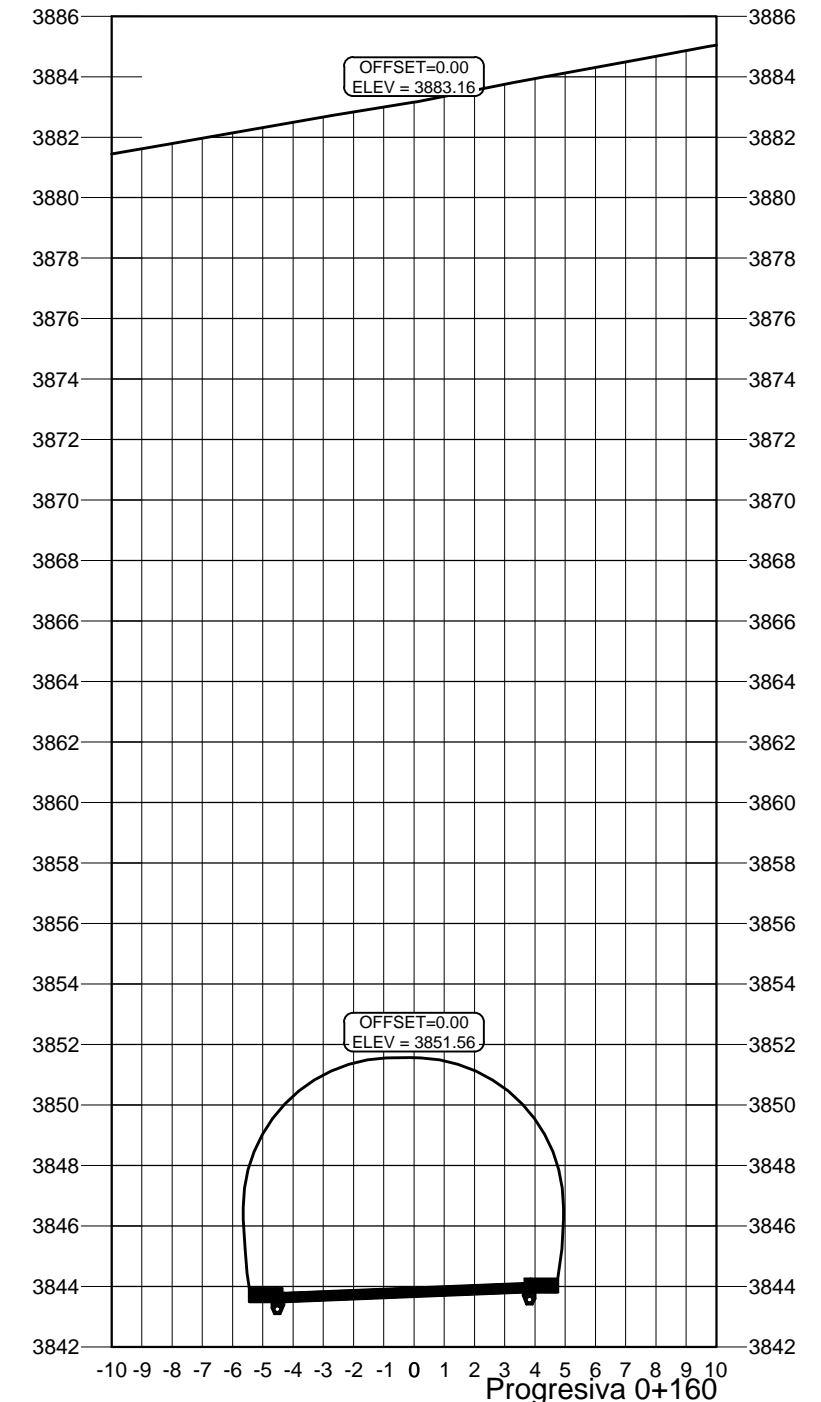
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS: "APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"			
PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES			
PROGRESIVA: 0+110 0+120 0+130			
Fecha: MAYO - 2018	Escala: 1/250	Ejecutor: Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO	ST- 03



Progresiva 0+140
H: 1/250
V: 1/250



Progresiva 0+150
H: 1/250
V: 1/250

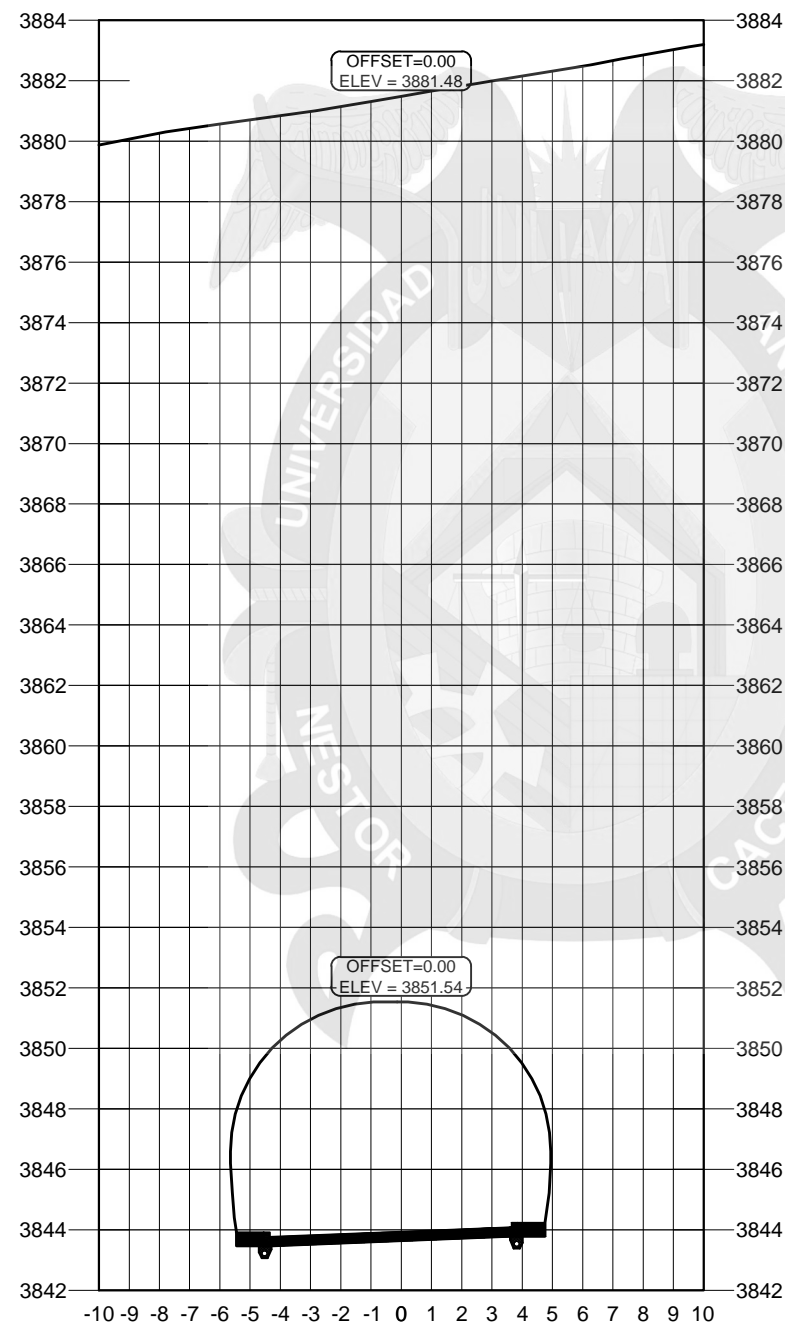


H: 1/250
V: 1/250

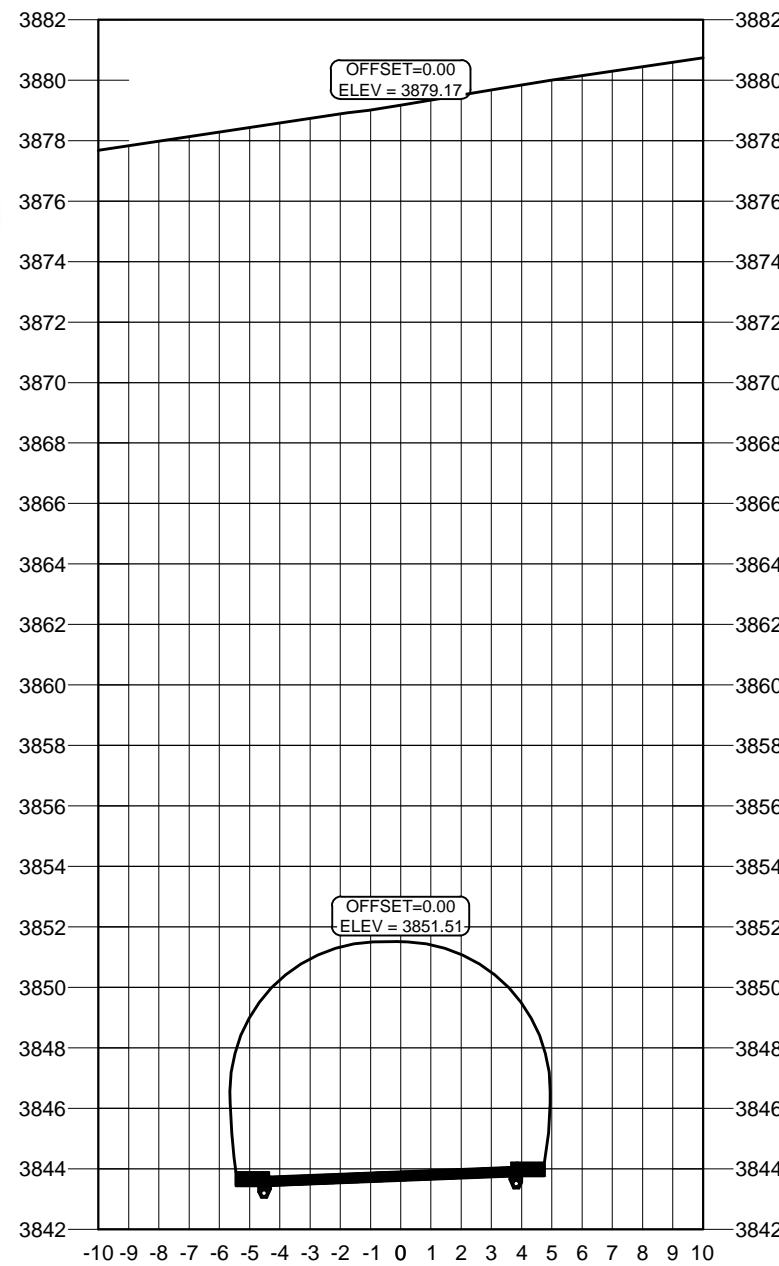


INGENIERIA CIVIL

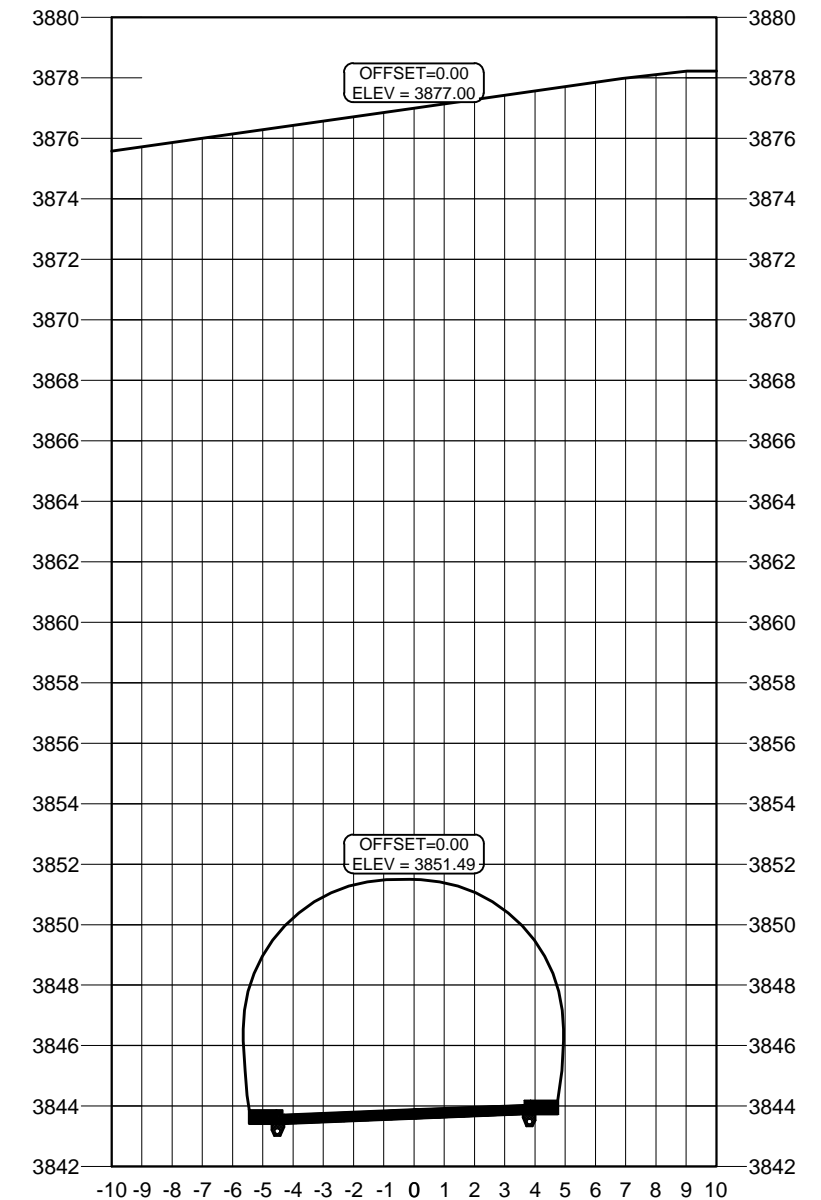
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ			
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS:	"APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"		
PLANO:	SECCIONES TRANSVERSALES		
PROGRESIVA:	0+140 0+150 0+160		
Fecha:	Escala:	Ejecutor:	ST- 04
MAYO - 2018	1/250	Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO	



Progresiva 0+170
H: 1/250
V: 1/250



Progresiva 0+180
H: 1/250
V: 1/250

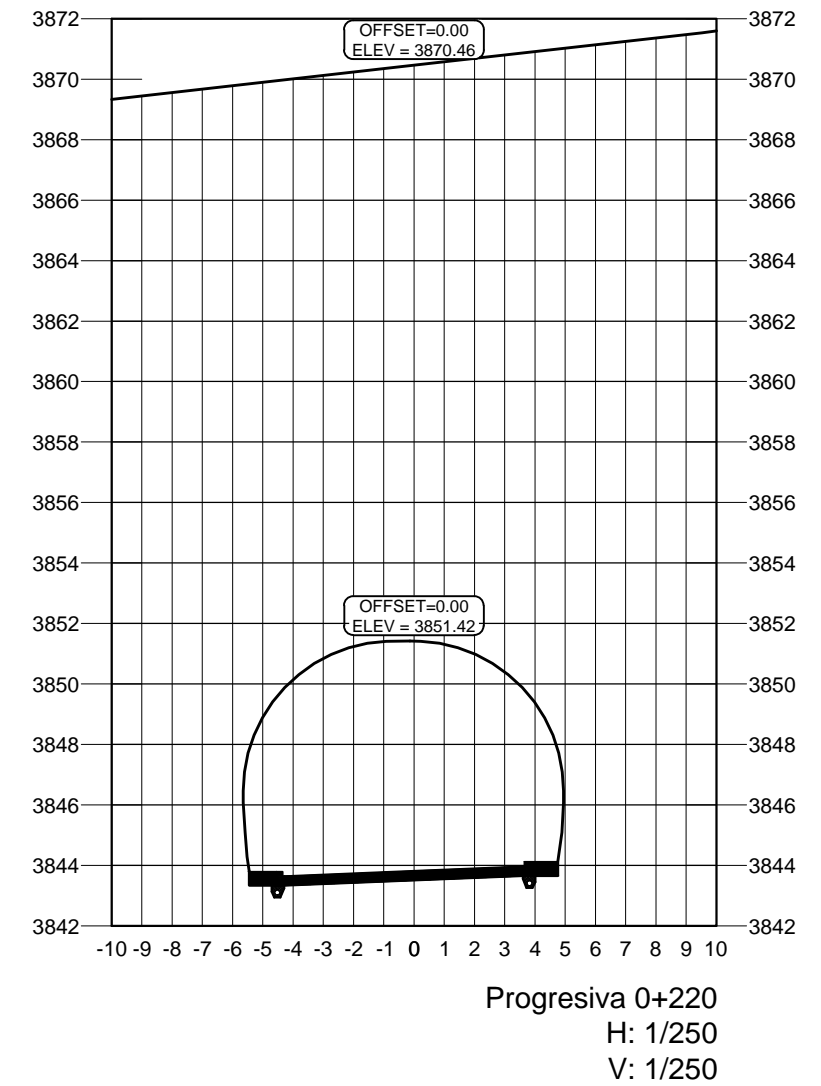
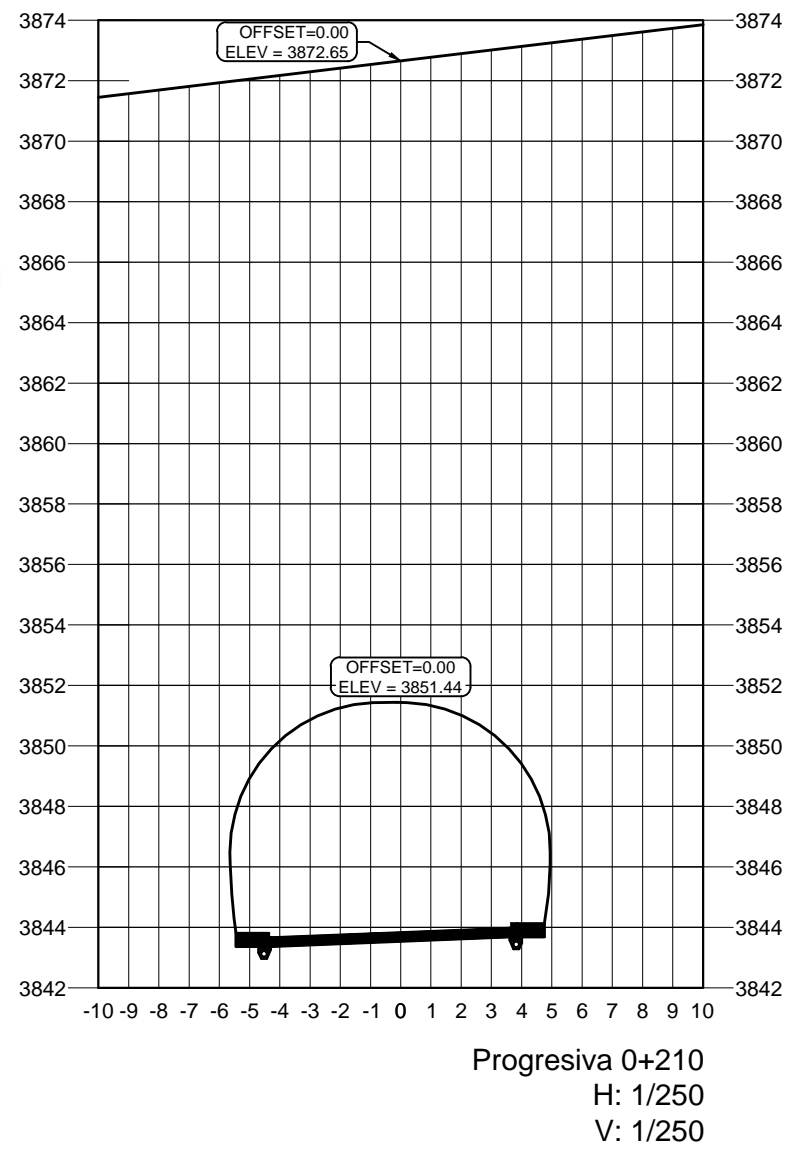
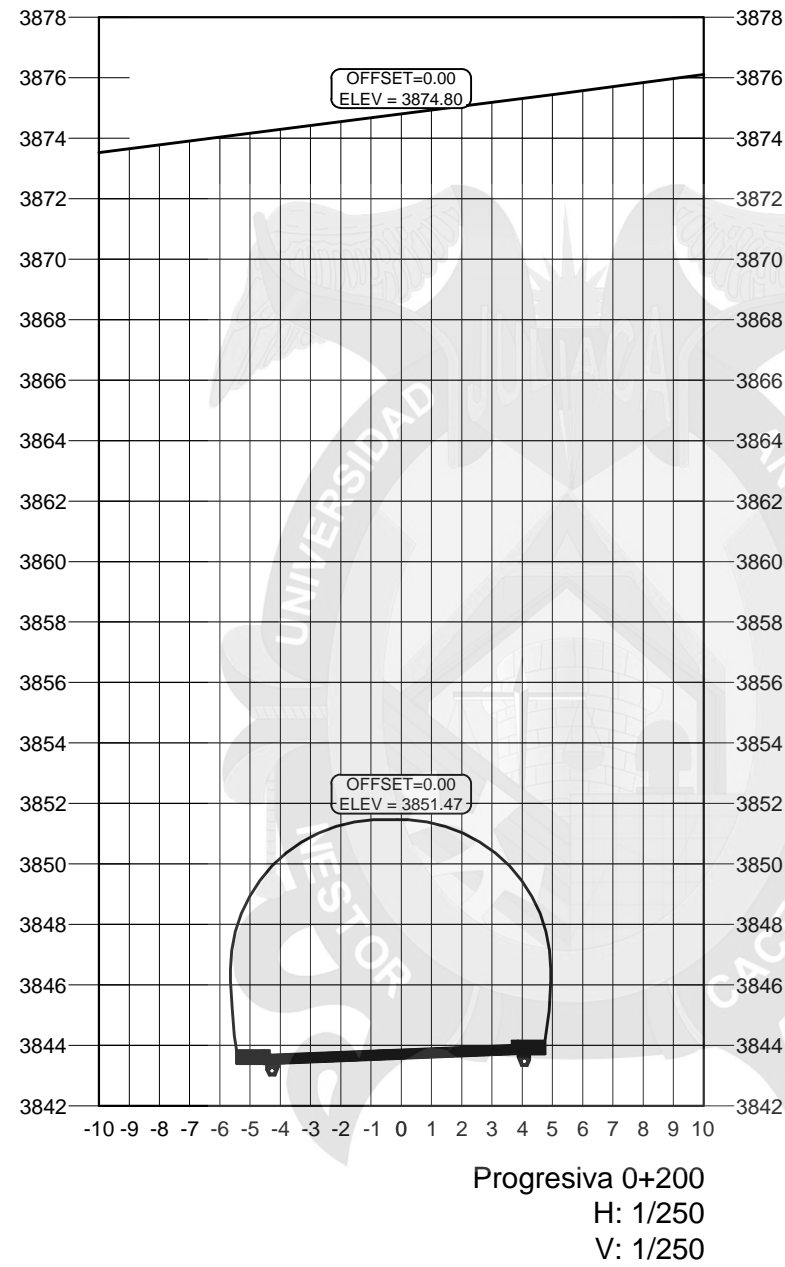


Progresiva 0+190
H: 1/250
V: 1/250

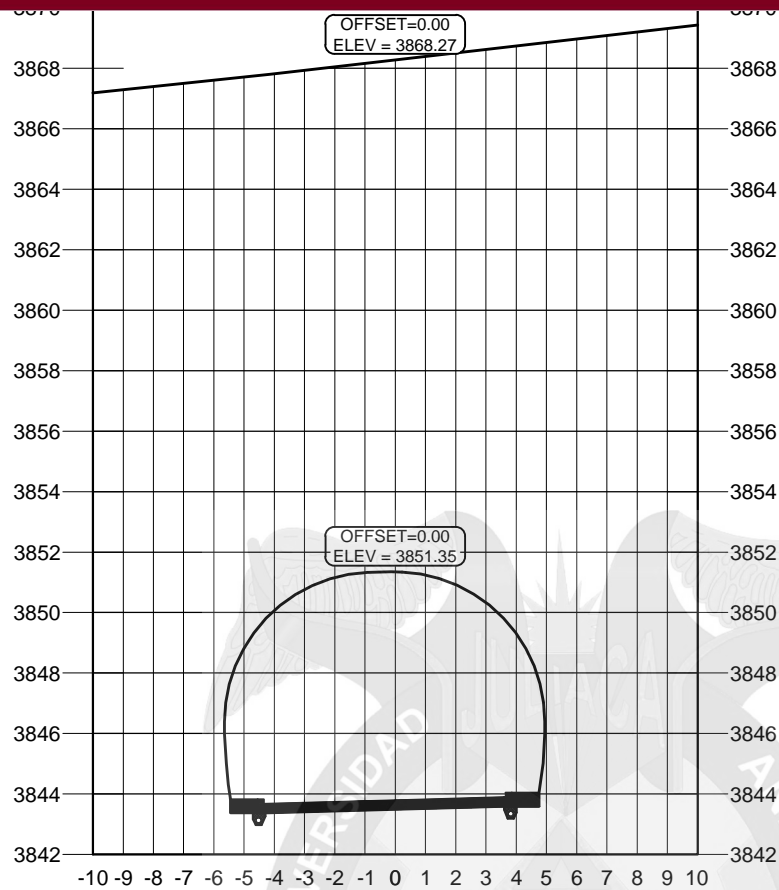


EP
INGENIERIA CIVIL

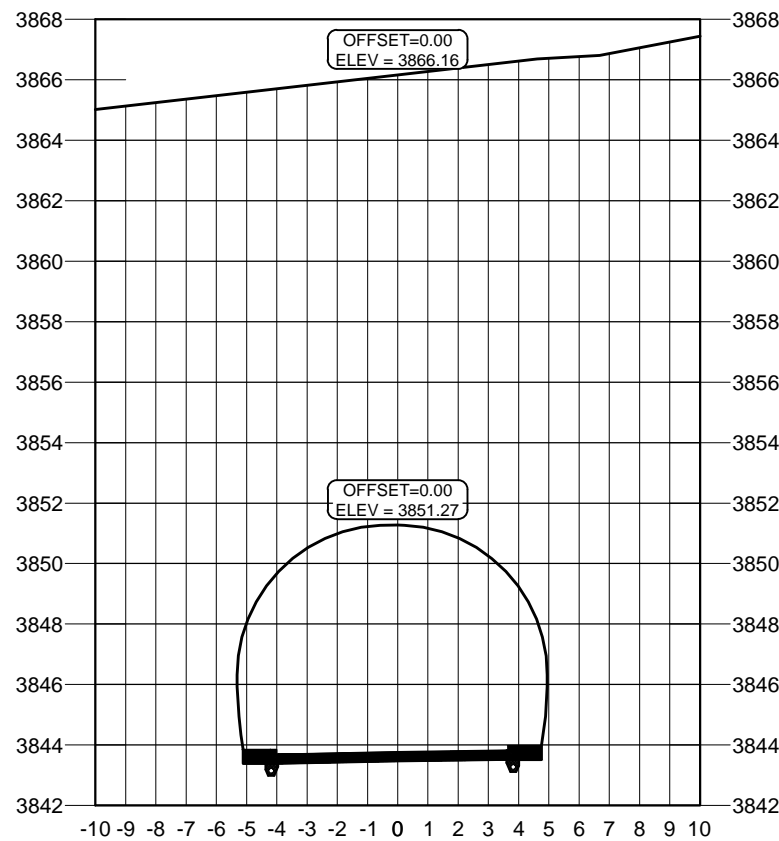
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS:	"APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"		
PLANO:	SECCIONES TRANSVERSALES		
PROGRESIVA:	0+170 0+180 0+190		
Fecha: MAYO - 2018	Escala: 1/250	Ejecutor: Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO	ST- 05



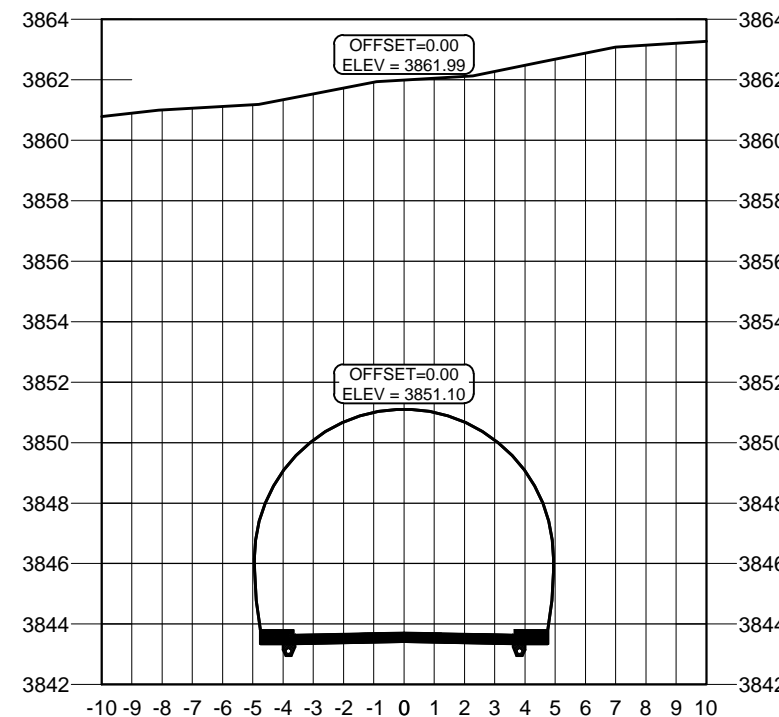
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS:	"APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"		
PLANO:	SECCIONES TRANSVERSALES		
PROGRESIVA:	0+200 0+210 0+220		
Fecha:	Escala:	Ejecutor:	ST- 06
MAYO - 2018	1/250	Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO	



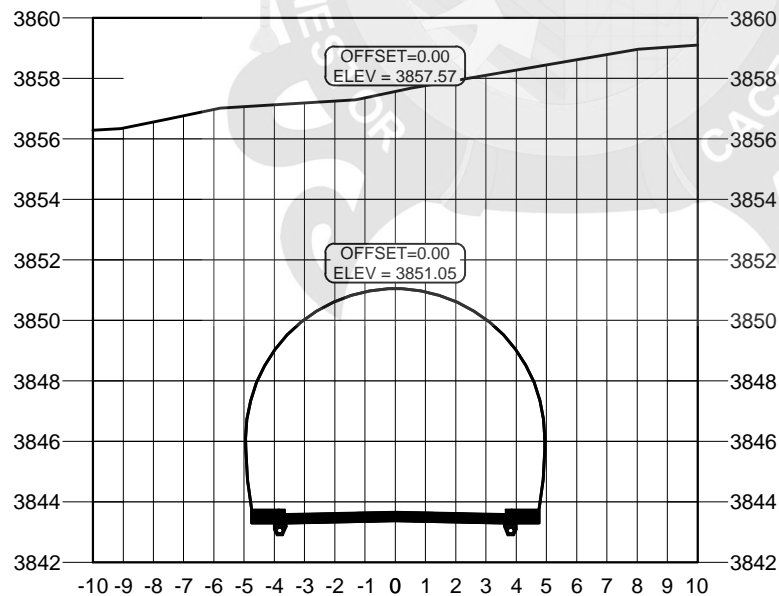
Progresiva 0+230
H: 1/250
V: 1/250



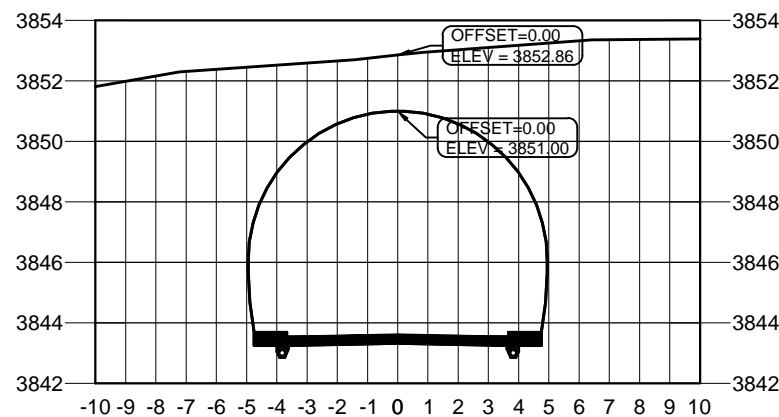
Progresiva 0+240
H: 1/250
V: 1/250



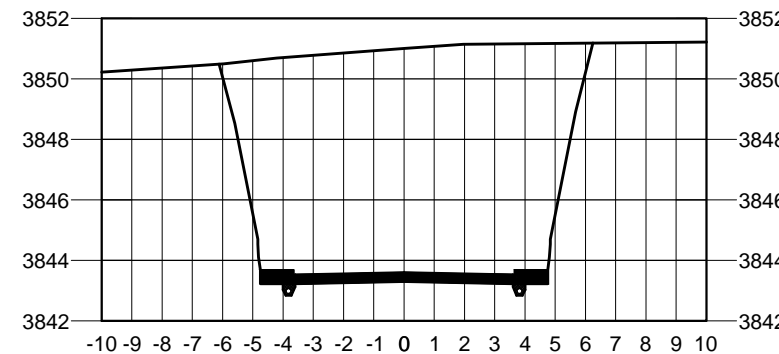
Progresiva 0+260
H: 1/250
V: 1/250



Progresiva 0+280
H: 1/250
V: 1/250



Progresiva 0+300
H: 1/250
V: 1/250

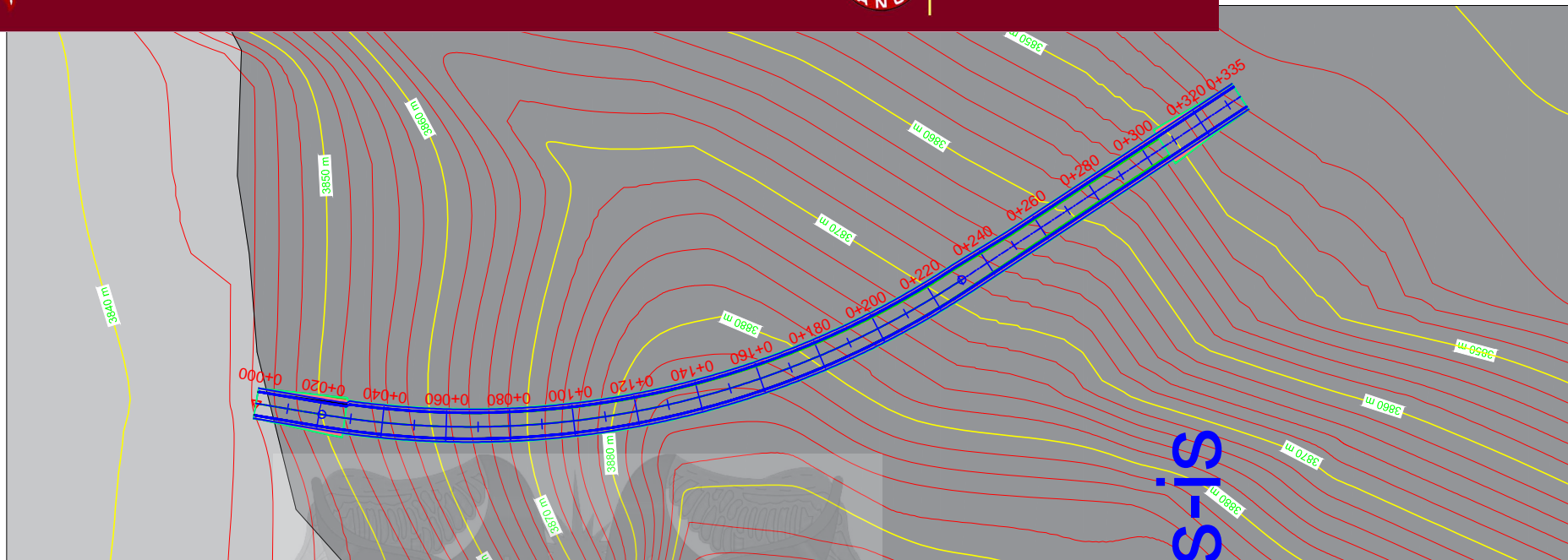


Progresiva 0+307
H: 1/250
V: 1/250



EP
INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ			
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS:	"APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"		
PLANO:	SECCIONES TRANSVERSALES		
PROGRESIVA:	0+230 0+240 0+260 0+280 0+300 0+307		
Fecha:	Escala:	Ejecutor:	ST- 07
MAYO - 2018	1/250	Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO	



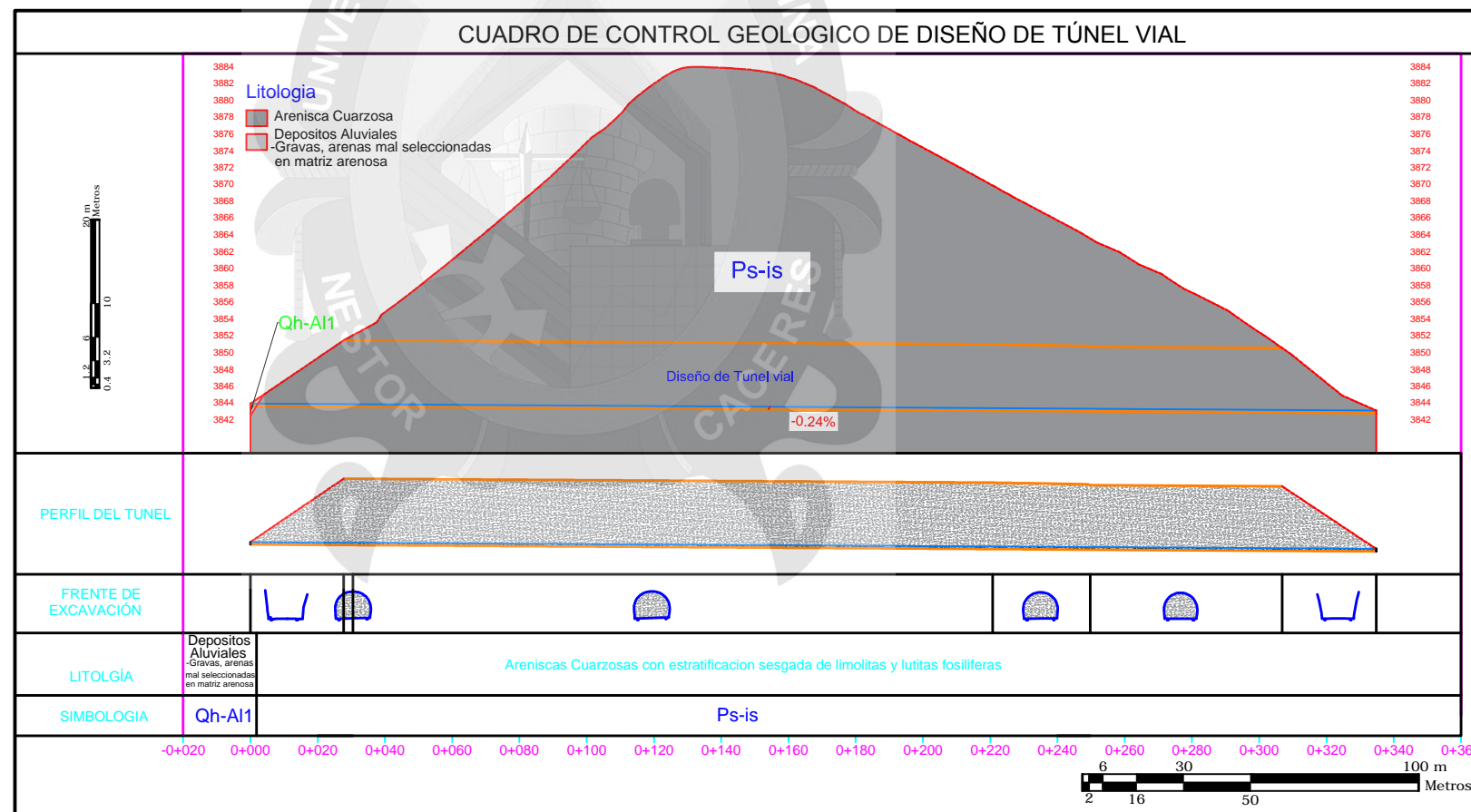
Escala: 1/2000

Leyenda

Trazo Tunnel Vial de la Prolongacion del Jr. Salaverry

Geologia Grupo

- GP. Izcay
- GP. Ambo
- GP. Cabanillas
- Depositos Aluviales - Gravas, arenas mal seleccionadas en matriz arenosa



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"

PLANO: CONTROL GEOLOGICO - PLANTA Y PERFIL

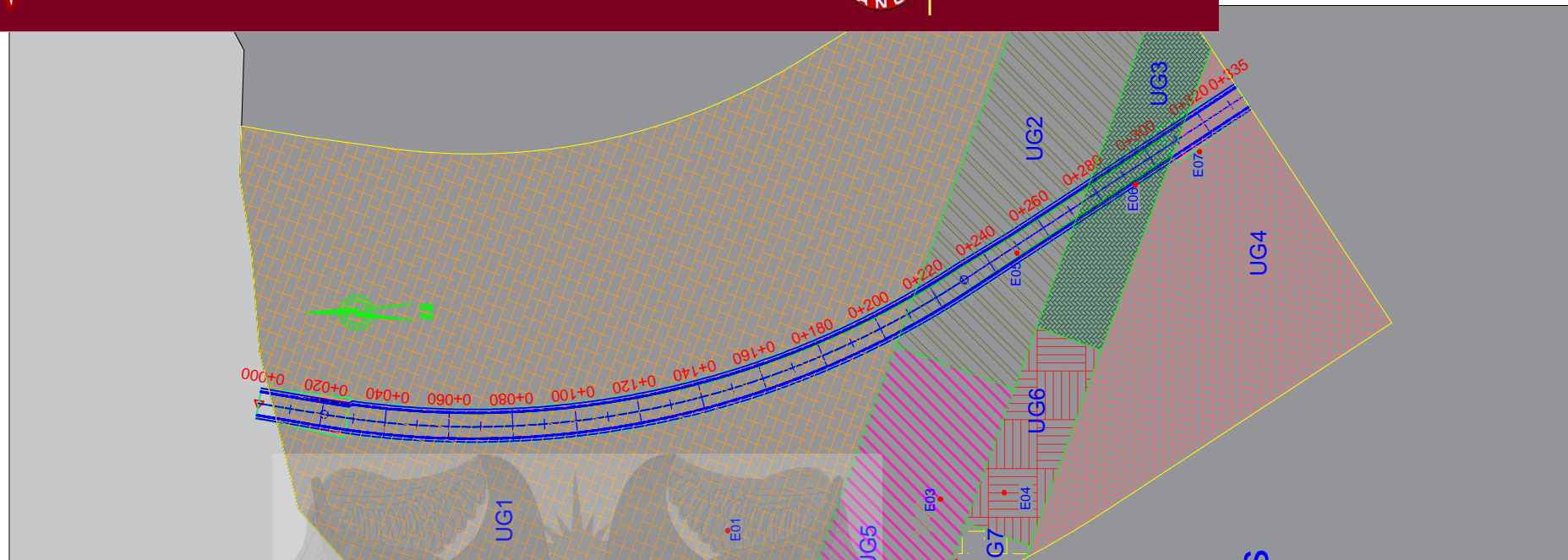
PROGRESIVA: GENERAL

Fecha: MAYO - 2018

Escala: H:1/2000
H:1/800

Ejecutor: Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO

PG- 01

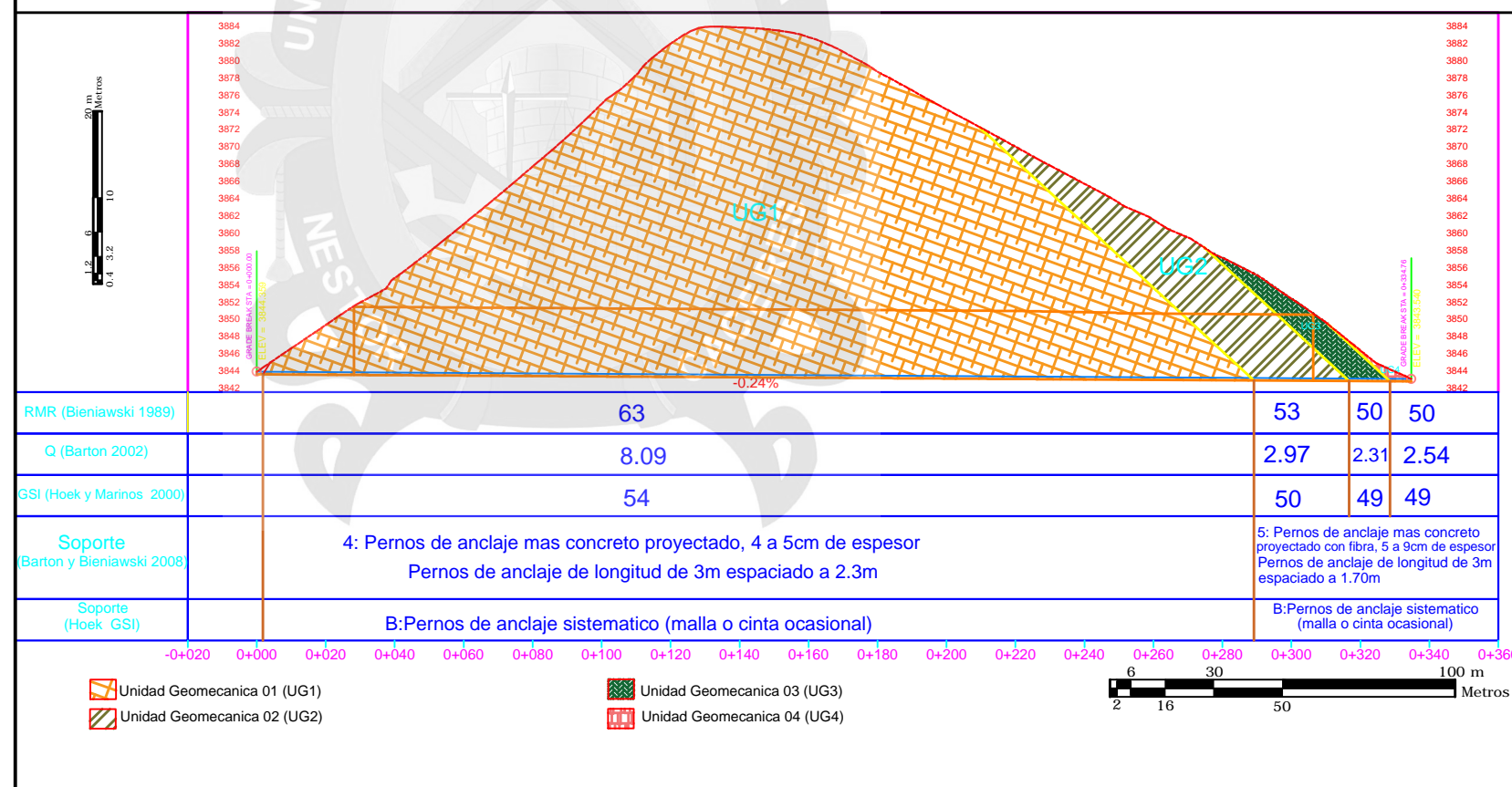


Escala: 1/2000

LEYENDA

- Unidad Geomecanica 01 (UG1)
- Unidad Geomecanica 02 (UG2)
- Unidad Geomecanica 03 (UG3)
- Unidad Geomecanica 04 (UG4)

CUADRO DE CONTROL GEOMECANICO DE DISEÑO DE TÚNEL VIAL



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL
DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"

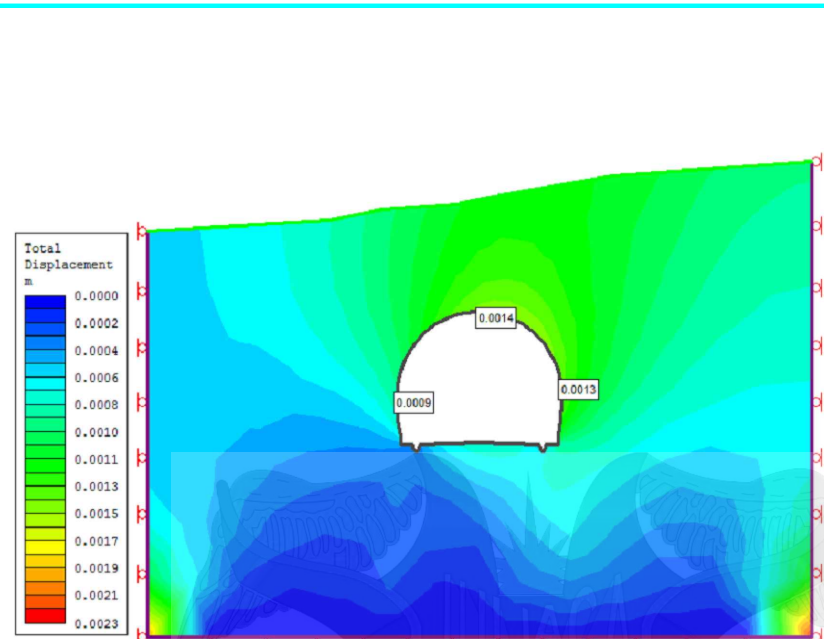
PLANO: UNIDADES GEOMECHANICAS - PLANTA Y PERFIL

PROGRESIVA:

GENERAL

Fecha:
MAYO - 2018Escala:
H:1/2000
V:1/800Ejecutor:
Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO

PUG- 01



DESPLAZAMIENTO TOTAL SIN SOPORTE

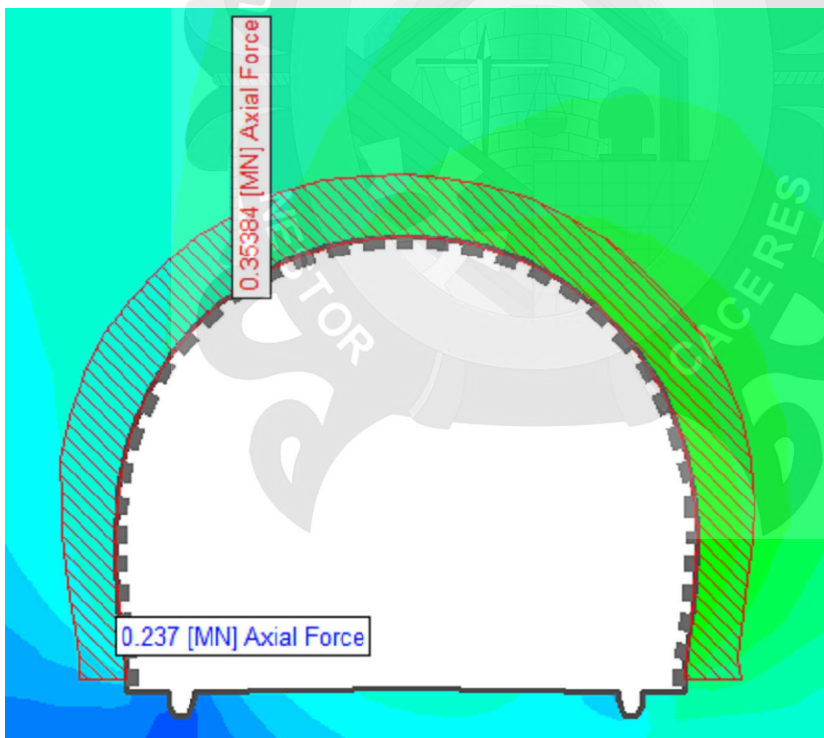
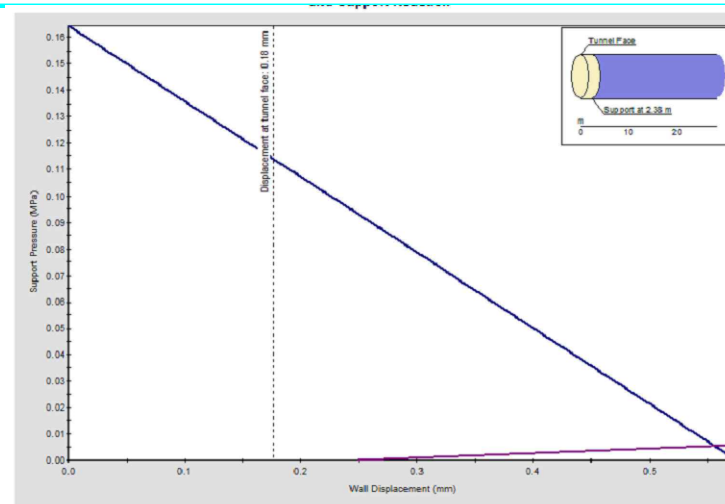


DIAGRAMA DE FUERZA AXIAL



GRAFICA DE REACCIÓN DE TERRENO Y SOPORTE

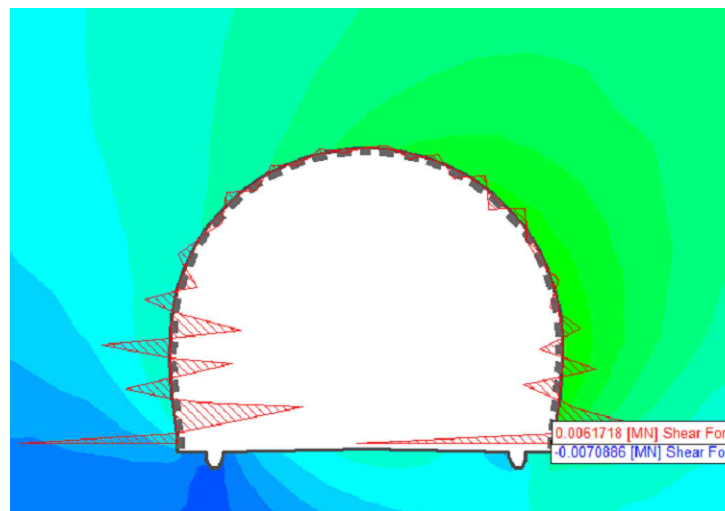


DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE

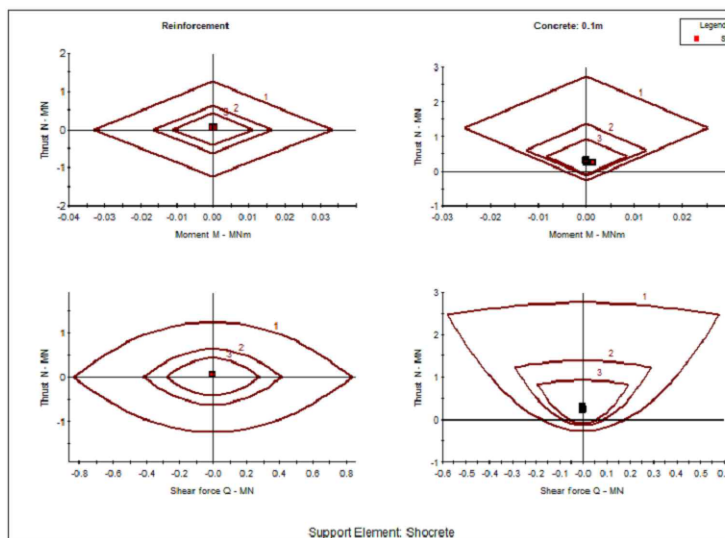
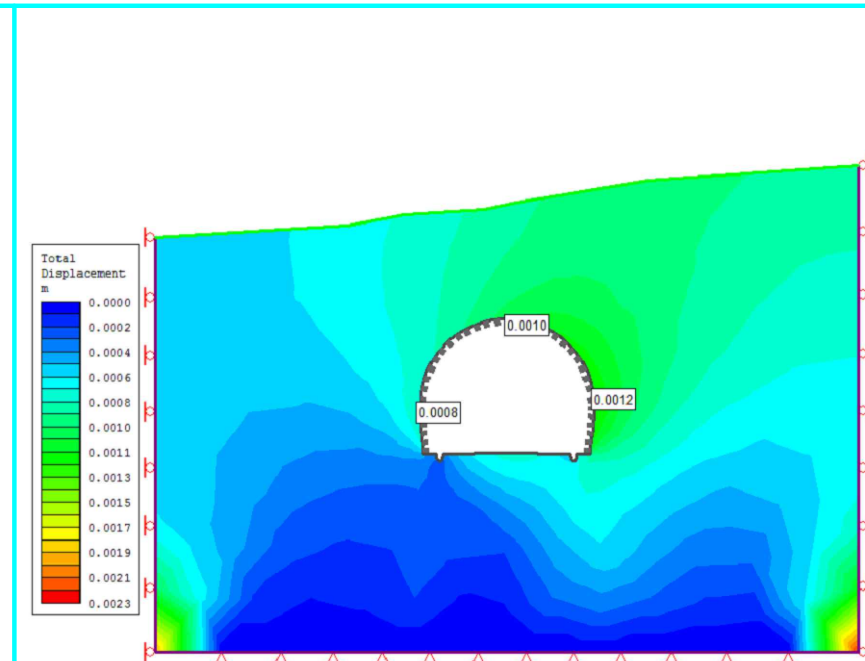


DIAGRAMA DE CAPACIDAD DE SOPORTE



DESPLAZAMIENTO FINAL CON SOPORTE
(CERCHA RETICULAR Y CONCRETO LANZADO)

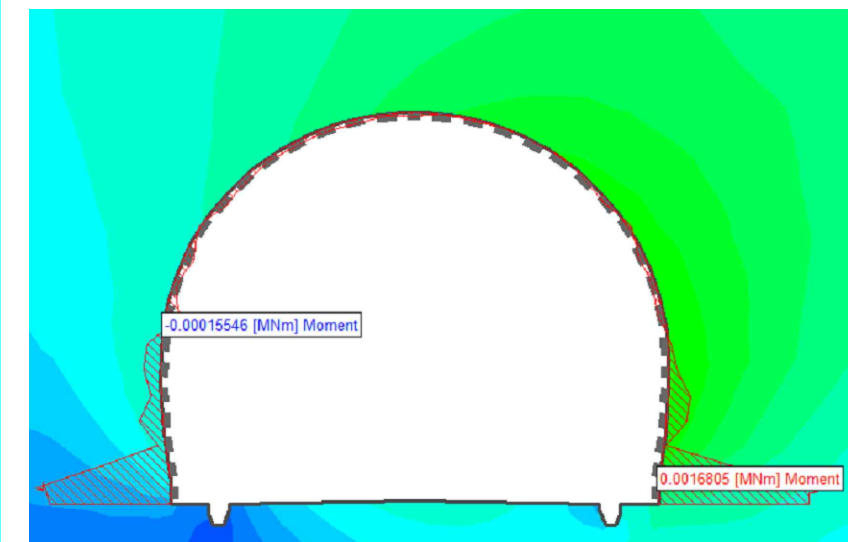
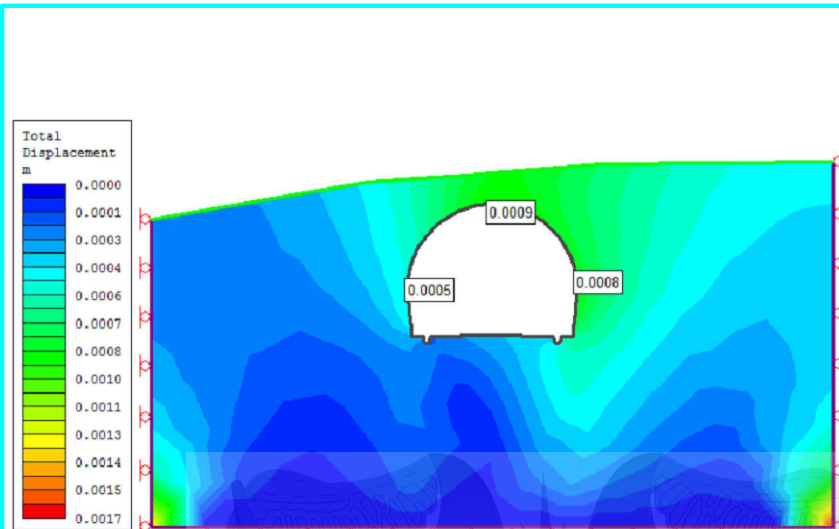


DIAGRAMA DE MOMENTO



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ			
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS: "APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"			
PLANO: DIAGRAMAS, DESPLAZAMIENTO Y FACTOR DE SEGURIDAD - PHASE2 V. 7.0			
UNIDAD GEOMECÁNICA: UG2		H=6.52 m	
PROGRESIVA: 0+280		Ejecutor: Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO	
Fecha: MAYO - 2018	Escala: S/E	DP - 01	



DESPLAZAMIENTO TOTAL SIN SOPORTE

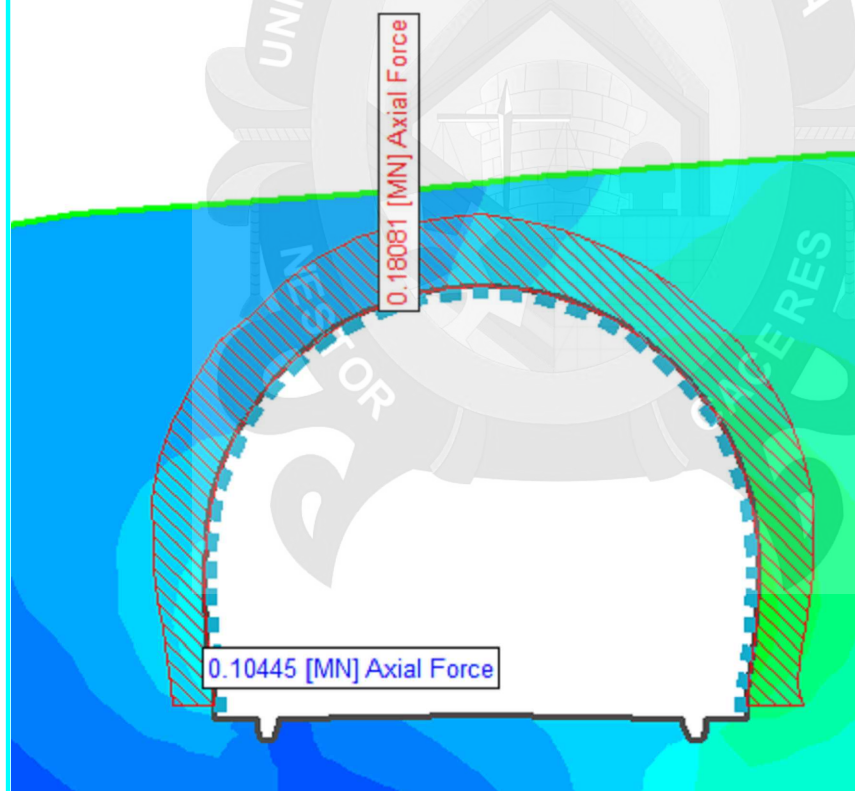
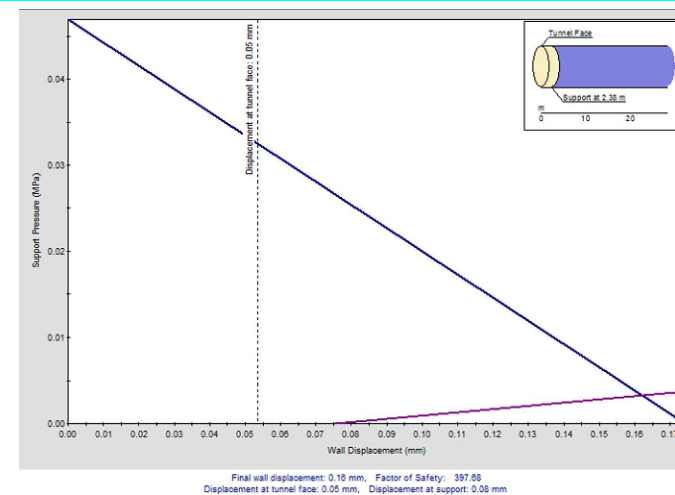


DIAGRAMA DE FUERZA AXIAL



GRAFICA DE REACCIÓN DE TERRENO Y SOPORTE

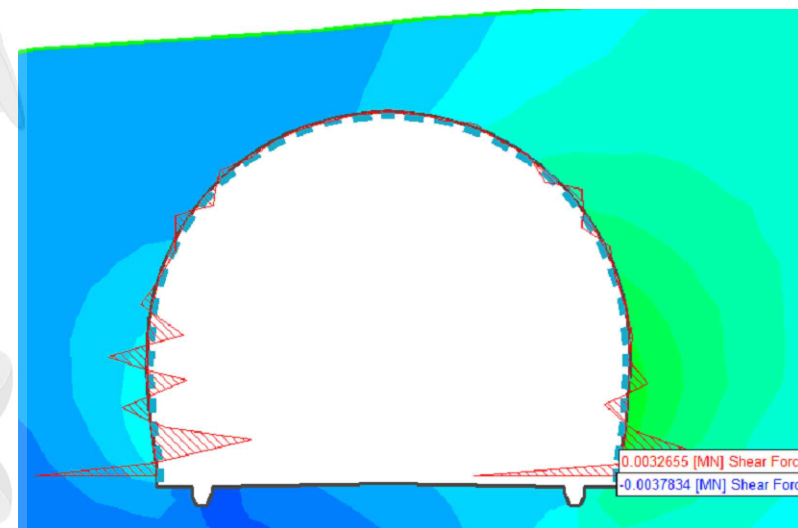


DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE

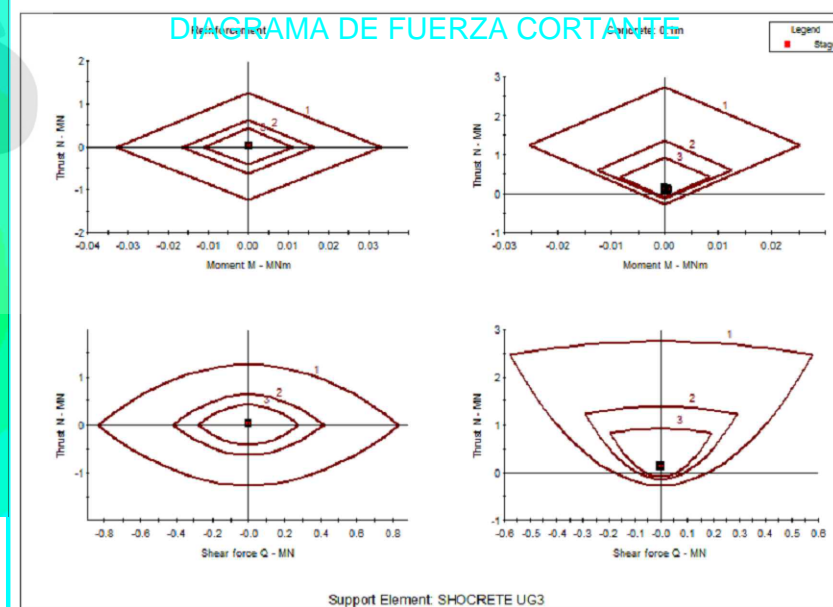
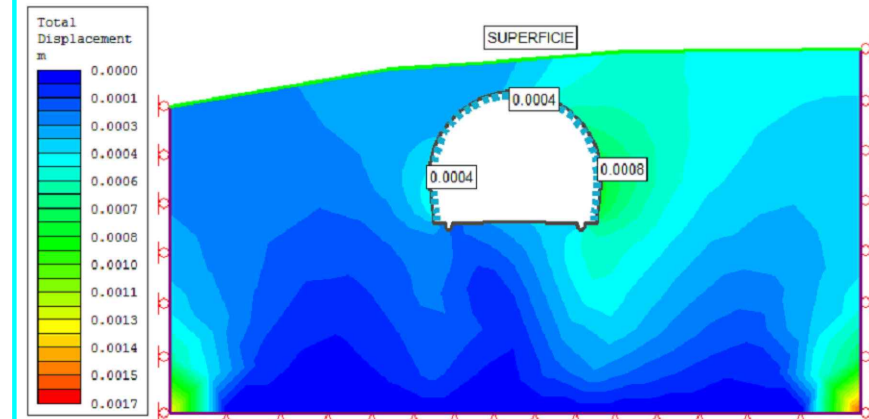


DIAGRAMA DE CAPACIDAD DE SOPORTE



DESPLAZAMIENTO FINAL CON SOPORTE
(CERCHA RETICULAR Y CONCRETO LANZADO)

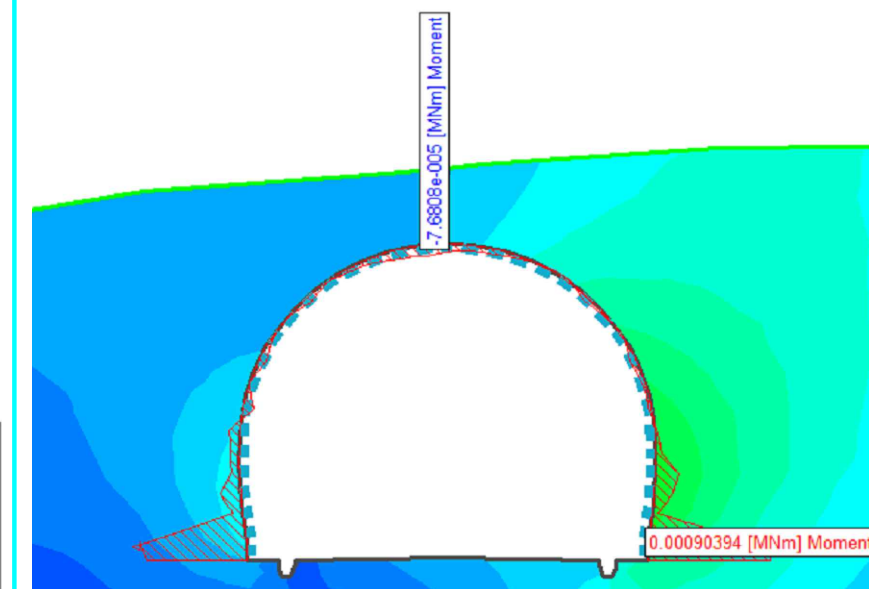
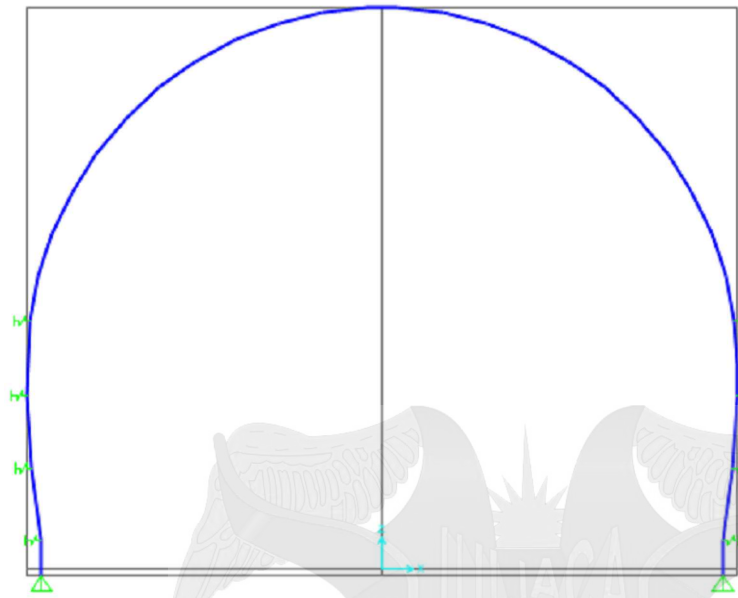


DIAGRAMA DE MOMENTO



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ			
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS: "APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"			
PLANO: DIAGRAMAS, DESPLAZAMIENTO Y FACTOR DE SEGURIDAD			
UNIDAD GEOMECÁNICA: UG3			
PROGRESIVA: 0+300 H=1.86 m			
Fecha: MAYO - 2018	Escala: S/E	Ejecutor: Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO	DP - 02



SECCION DEL SOPORTE MODELADO

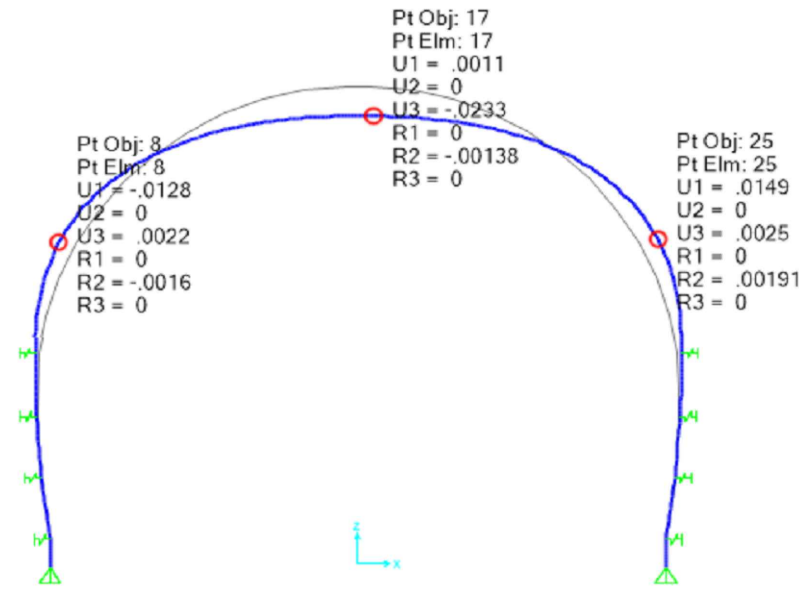
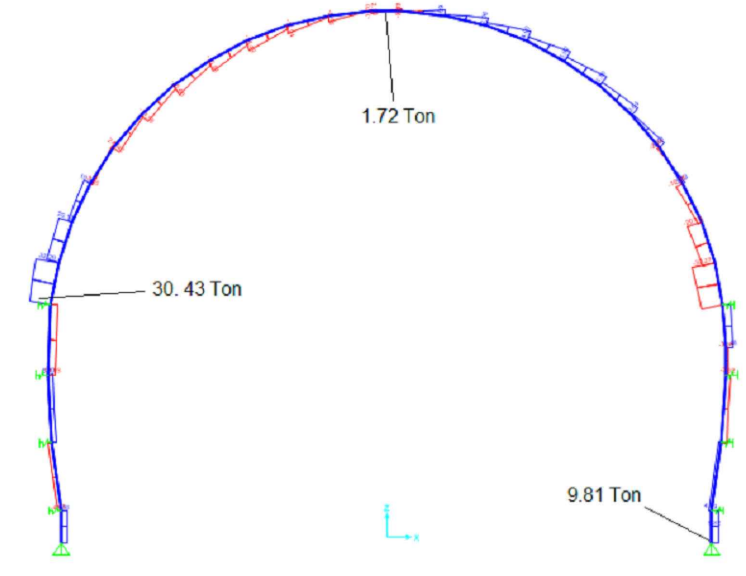
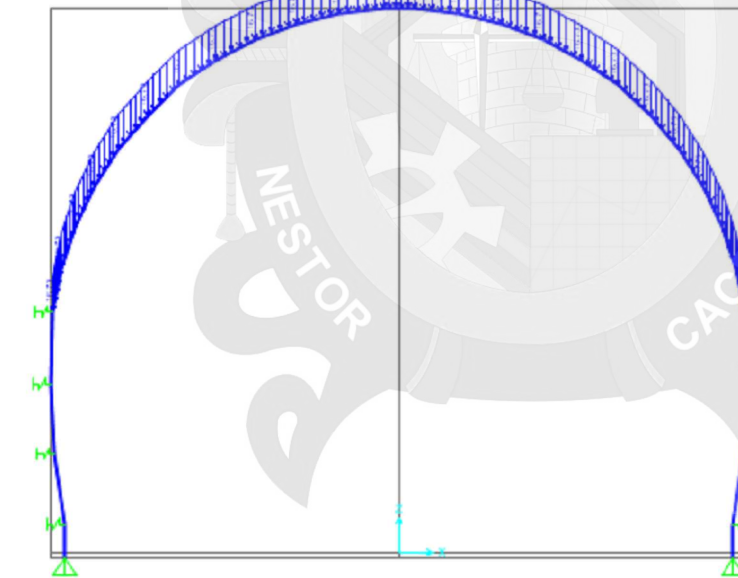


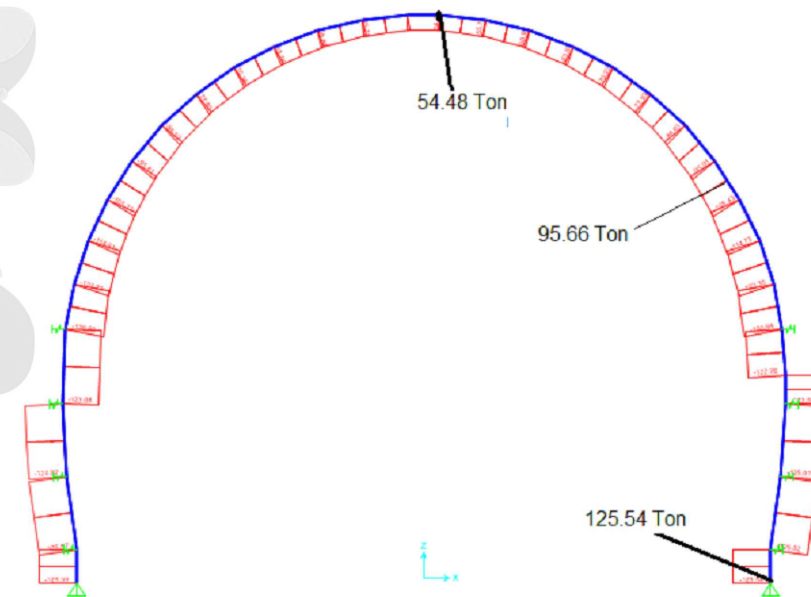
DIAGRAMA DE DESPLAZAMIENTO DEL SOPORTE



FUERZA CORTANTE DEL SOPORTE



CARGA DISTRIBUIDA DE LA SECCION EN EL SOPORTE
ANALIZADA - 16.73 Ton/m



FUERZA AXIAL EN EL SOPORTE

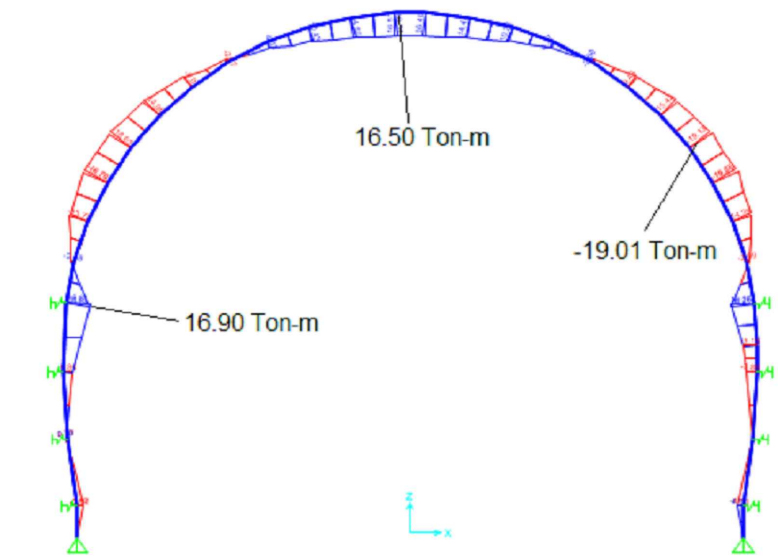

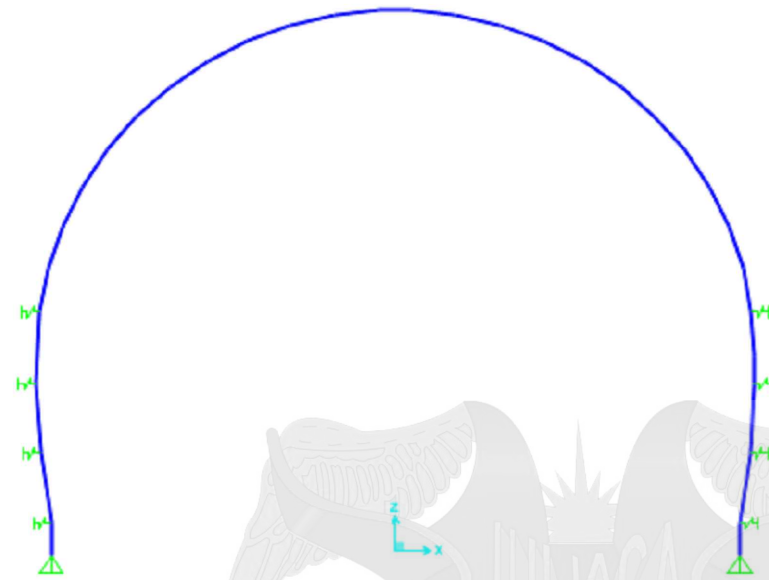


DIAGRAMA DE MOMENTO DEL SOPORTE

			
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS: "APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"			
PLANO: DIAGRAMAS, DESPLAZAMIENTO - SAP 2000 V. 15			
UNIDAD GEOMECÁNICA: UG2			
PROGRESIVA: 0+280 H=6.52 m			
Fecha: MAYO - 2018	Escola: S/E	Ejecutor: Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO	DS - 01



SECCION DEL SOPORTE MODELADO

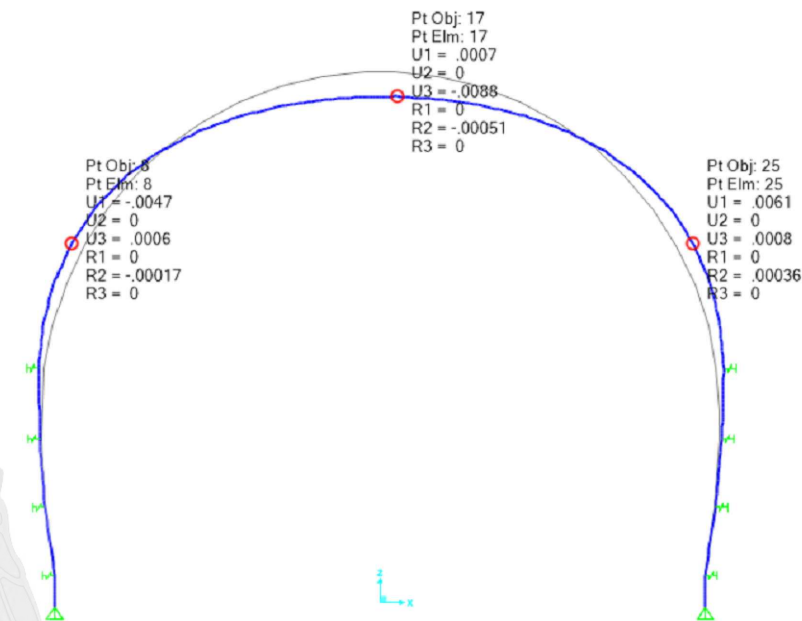
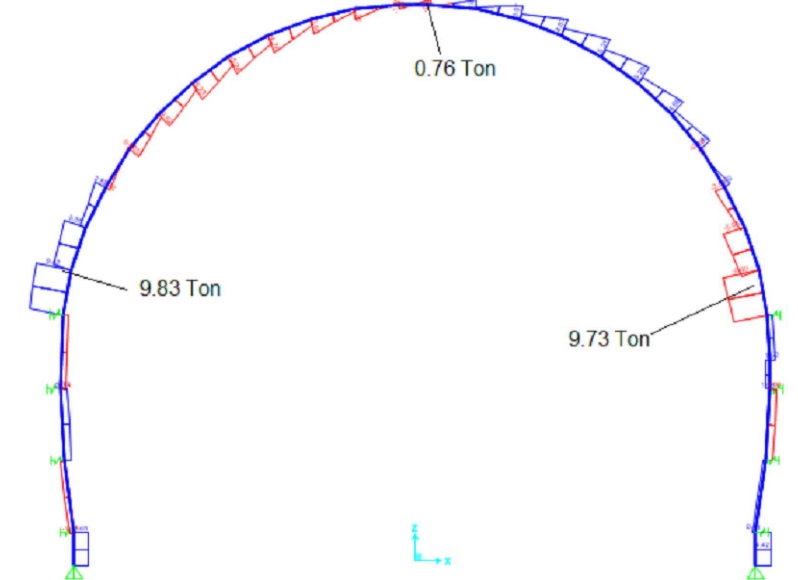
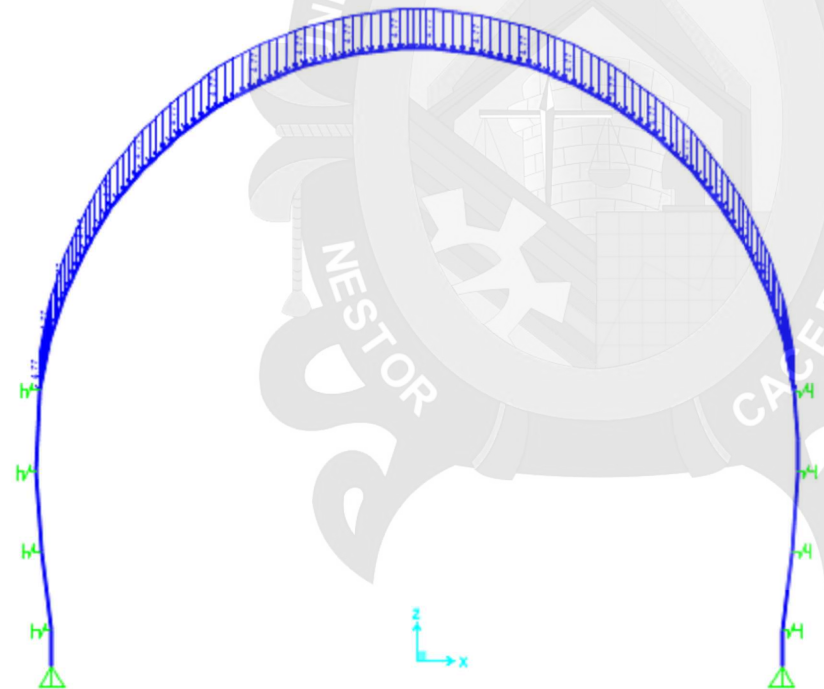


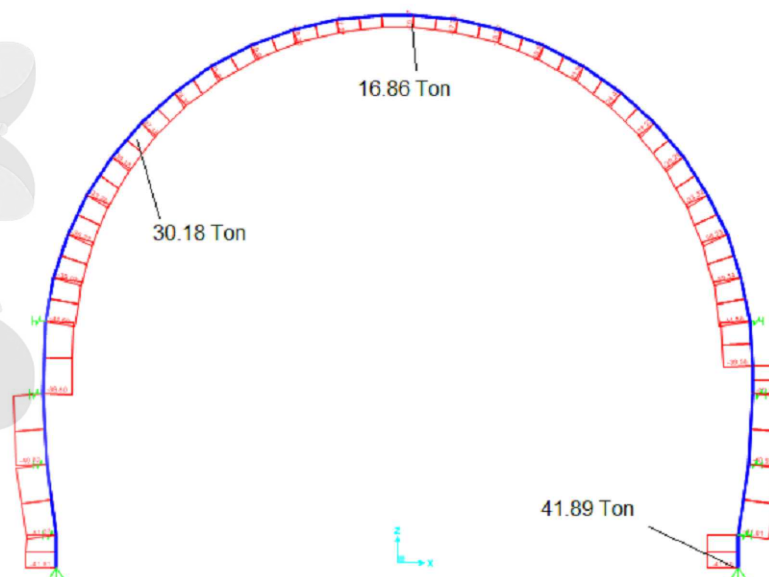
DIAGRAMA DE DESPLAZAMIENTO DEL SOPORTE



FUERZA CORTANTE DEL SOPORTE



CARGA DISTRIBUIDA DE LA SECCION EN EL SOPORTE
ANALIZADA - 4.77 Ton/m



FUERZA AXIAL EN EL SOPORTE

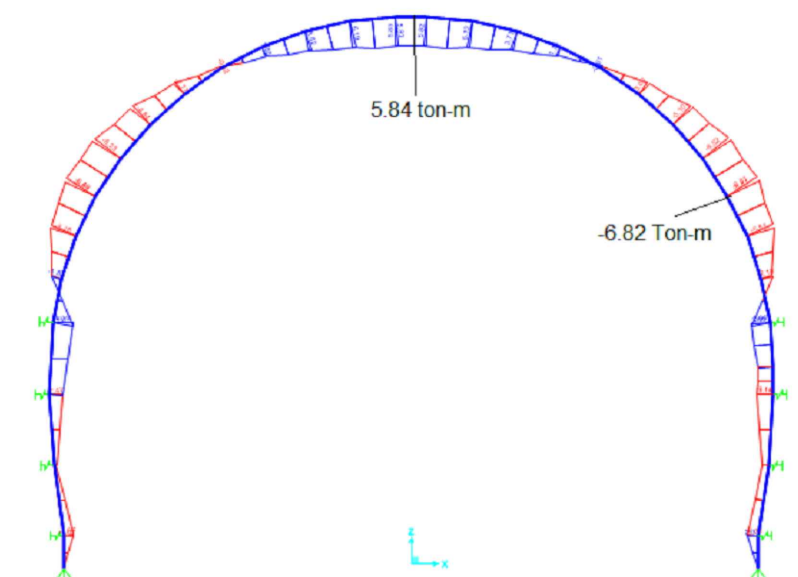


DIAGRAMA DE MOMENTO DEL SOPORTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ			
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS: "APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO EN EL DISEÑO DEL TÚNEL VIAL DE LA PROLONGACIÓN DEL JR. SALAVERRY DE LA CIUDAD DE JULIACA"			
PLANO: DIAGRAMAS, DESPLAZAMIENTO - SAP 2000 V. 15			
UNIDAD GEOMECÁNICA: UG3			
PROGRESIVA: 0+300 H=1.86 m			
Fecha: MAYO - 2018	Escola: S/E	Ejecutor: Bach. CARLOS QUIROGA CORNEJO	DS - 02